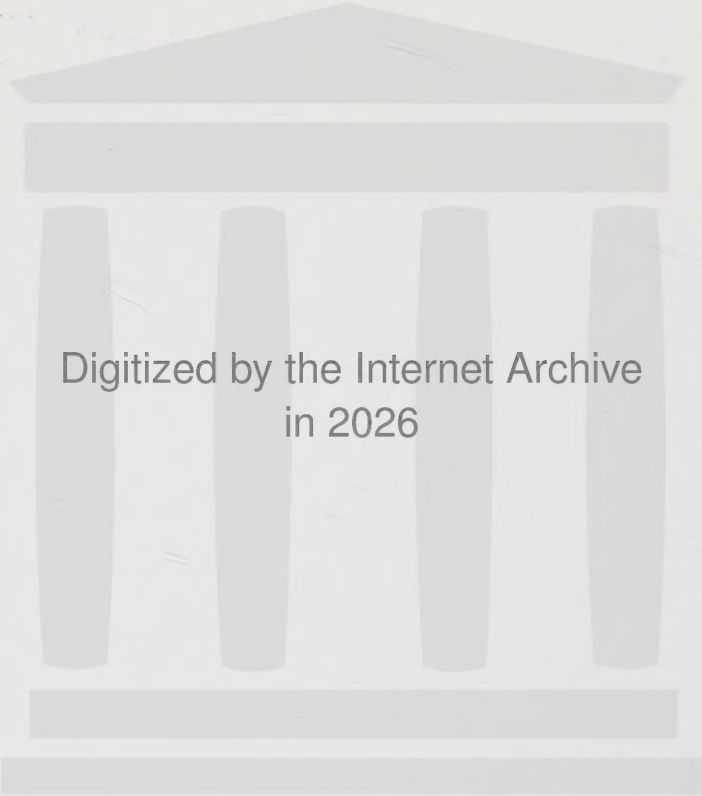


**Sonagraphische Untersuchungen –
ein Vergleich von Sing– und Sprechstimme
bei Neutralbiss und Progenie**

Jankel Karp

1977



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde
der Universität München
Direktor: Prof. Dr. H. H. Naumann

SONAGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN - EIN VERGLEICH VON SING- UND
SPRECHSTIMME BEI NEUTRALBISS UND PROGENIE



Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Jankel Karp
aus München

1977

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität
München

Berichterstatter: Dr. G. Full-Scharrer
Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. H. Naumann
Dekan: Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung: 8. März 1977



Meinen Eltern



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. THEORIEN DER STIMMERZEUGUNG	1
1.) Historischer Hintergrund	1
2.) Die klassische muskulo-elastische Theorie	3
3.) Die neurochronaxische Theorie	3
III. AKUSTISCHE GRUNDLAGEN	4
IV. DER KEHLKOPF ALS TONGENERATOR	6
1.) Anatomie	6
2.) Kehlkopfbewegungen	9
3.) Funktion des Kehlkopfes	10
V. RACHEN, NASEN- UND MUNDHÖHLE ALS "ANSATZROHR"	12
1.) Vorbemerkungen	12
2.) Anatomie und Physiologie des Rachenraumes	12
3.) Anatomie und Physiologie des Gaumens und Gaumensegels	14
4.) Anatomie und Physiologie der Zunge	17
5.) Anatomie und Physiologie der Nase	20
6.) Anatomie und Physiologie der Mundhöhle, der Zähne und des Unterkiefers	21
VI. ALLGEMEINES ÜBER ZAHNSTELLUNGEN	23
1.) Neutralbiß	23
2.) Stellungsanomalien	24
a) Schema	24
α Vererbung	25
β Umwelteinflüsse	26
b) Spezielle Dysgnathien	28
α Schmalkiefer	28
β Distalbiß	30
γ Offener Biß	31
3.) Die Progenie als besonderer Gegenstand der Untersuchung	32
a) Zur Vererbung der Progenie	32
α Progener Zwangsbiß	33
β Echte Progenie	33
γ Pseudoprogenie	33
b) Neue Gesichtspunkte zur Ätiologie der Progenie	35

	Seite
VII. METHODEN DER STIMMREGISTRIERUNG	40
1.) Frequenzanalyse	40
2.) Apparaturen der Frequenzanalyse	41
a) Das Tonfrequenzspektrometer	41
b) Suchtonanalysator	41
c) Der Sonagraph	42
VIII. ARBEITSMATERIAL FÜR DEN VERSUCH	42
1.) Der Sonagraph als Registrierverfahren	42
2.) Testpersonen	45
IX. METHODIK	46
1.) Versuchsanordnung und Durchführung	46
2.) Aufnahmetechnik	46
X. AUSWERTUNG DER SONAGRAMME	47
A Vergleich der Singstimmen	47
a) Gesamtbild der aufgezeichneten Linien	47
b) Schwärzung	48
c) Grundton	48
α Umfang	48
β Schwärzung	48
γ Linienanordnung	49
d) Formantbereiche	49
α Anzahl	49
β Schwärzung	50
γ Umfang	50
e) Obertöne	51
B Vergleich der Sprechstimmen Gliederung wie bei Punkt A	51
XI. ERGEBNISSE	67
XII. ZUSAMMENFASSUNG	71
XIII. DISKUSSION	72
XIV. LITERATURVERZEICHNIS	74
XV. LEBENSLAUF	76

I. EINLEITUNG

Die großen technischen Fortschritte der letzten Jahrzehnte haben den Wissenschaften, die sich mit der Stimme und Sprache beschäftigen, viele neue Erkenntnisse gebracht. Speziell die Phoniatrie nahm mehr und mehr an Bedeutung zu, je mehr die eingesetzten Geräte ausreiften. Die vorliegende Arbeit soll die Frage klären, inwieweit sich die sonagraphischen Aufzeichnungen bei Testpersonen mit Neutralbiß von den sonagraphischen Aufzeichnungen bei Testpersonen mit einer Progenie unterscheiden. Das sonagraphische Aufzeichnungsverfahren wurde gewählt, weil es auch heute noch die geläufigste Methode ist, mit der Aussagen für eine Klanganalyse gewonnen werden können.

II. THEORIEN DER STIMMERZEUGUNG

1.) Historischer Hintergrund

Die menschliche Stimme beschäftigt schon seit jeher die verschiedensten Zweige der Wissenschaft. Doch erst das 18. Jahrhundert brachte die entscheidende Wende für die experimentelle Phoniatrie durch die Erforschung des Kehlkopfes und dessen Bedeutung für die Stimmbildung.

Es war GALEN, der als erster die Ventrikel des Kehlkopfes beschrieb. 1714 brachte MORGAGNI dazu die ersten Abbildungen. Die Funktionsweise der Kehlkopfmuskulatur war noch unbekannt, als 1741 A. FERREIN mit seinen Forschungsergebnissen ins Blickfeld des wissenschaftlichen Interesses trat. Er demonstrierte in der Pariser Akademie der Wissenschaften anhand von Hundekehlköpfen, daß die unterschiedliche Spannung der Stimmlippen und die damit verbundene Längenänderung die Verschiedenheit der Tonhöhe bewirkt. Seinen

Untersuchungen zufolge war der Abstand zwischen Ringknorpel und Schildknorpel, und damit die Spannung der Stimmbänder, das Maß für die Tonhöhe. Die Erzeugung von Tönen durch Anblasen von Kehlköpfen menschlicher Leichen (Simulation des Luftstoßes aus der Lunge) untersuchte 1837 JOH. MÜLLER. M. GARCIA, ein Londoner Gesangslehrer, erfand 1855 den Kehlkopfspiegel. F.C. DONDEKS hob 1858 die Bedeutung der Eigentöne der Mundhöhle für die Lautbildung hervor. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts erreichte die Entwicklung in der Stimmphysiologie einen gewissen Höhepunkt. Wissenschaftler wie H.v. HEIMHOLTZ mit seiner Resonanztheorie und L. HERMANN mit dem Begriff der Formanten und seinen Untersuchungen über den Anblasemechanismus trugen entscheidend dazu bei.

Die Erfindung des Telephons (A.G. BELL 1876) und des Phonographen (T.A. EDISON 1890) waren wegweisend für die Entwicklung der Hilfsmittel zur Analyse und Wiedergabe der Stimm- und Sprachlaute. So wurde von den BELL-LABORATORIES 1937 ein Hochgeschwindigkeitsfilm hergestellt, der mehrere tausend Bilder in der Sekunde von den schwingenden Stimmlippen liefern konnte.

Der Sonagraph, der eine Weiterentwicklung des "Visible-Speech-Verfahrens" von K. POTTER und Mitarbeitern ist, ermöglicht einen optimalen Überblick über den Frequenzaufbau einer Stimme. Man erhält eine fortlaufende klanganalytische Registrierung der Stimme und der einzelnen Sprachlaute, Silben und sogar Wörter.

2.) Die klassische muskulo-elastische Theorie

Nach der klassischen muskulo-elastischen Theorie werden die Stimmlippen als ein selbstgesteuertes Vibrationssystem beschrieben. BERNOULLI zeigte anhand von Versuchen, daß die Stimmlippen sich öffnen und schließen durch Druckschwankungen der Luft unterhalb der Stimmritze. Dabei stellt das Zentralnervensystem die elastischen Stimmlippen ein.

E. LINDEMANN führte 1930 wichtige experimentell-neurophysiologische Studien über das Verhalten der Aktionsströme bei Phonation durch. Die festgestellten Potentialschwankungen ordnete er nicht höheren Koordinationszentren zu, sondern sieht im Nervus laryngeus cranialis die afferente Bahn eines propriozeptiven Reflexes, der den Nervus laryngeus caudalis als efferente Bahn benützt.

K. PAULSEN (1958) spricht dagegen nur von einer Kontrolle des Spannungszustandes der Muskelspindeln. Er glaubt, aus dem besonders spärlichen Vorkommen von Muskelspindeln in den inneren Kehlkopfmuskeln schließen zu können, daß die Phonation sogar besser und exakter ohne die Rezeptoren ablaufen kann. Über einen polysynaptischen Reflexbogen können die Vorgänge im Larynxbereich kontrolliert und geregelt werden durch die zahlreichen Kehlkopfschleimhautrezeptoren.

3.) Die neurochronaxische Theorie

Die neurochronaxische Theorie wurde von R. HUSSON (1950) entwickelt. Bei dieser Theorie steht die Kehlkopfinnervation im Vordergrund. HUSSON nahm an, daß die Frequenz, mit der die Stimmlippen

schwingen - das heißt, der Grundton der geäußerten Stimme - die gleiche sei wie die Frequenz der Aktionsströme, welche über den Nervus recurrens den Musculus vokalis innervieren (Coup par coup-Innervation). Viele namhafte Laryngologen lehnten die Theorie HUSSONS ab. K. MÜNDNICH (1958) und L. RUEDI (1959) bewiesen mit Zeitdehnerfilmen, daß bei Abwesenheit des Luftstromes im Kehlkopf die Stimmlippenschwingungen aufhören, was aber noch nichts gegen die HUSSON'sche Theorie besagt. Zusammenfassend kann man die Entstehung eines Tones im Kehlkopf folgendermaßen betrachten: der Kehlkopf ist ein ferngesteuertes Vibrationssystem, das einen Dämpfungsfaktor hat und durch den Druck unterhalb der Stimmritze in erzwungener Schwingung gehalten wird. Zu Beginn und am Ende jeder Schwingung kommt es zu Druckschwankungen der Luft unterhalb der Stimmritze, entsprechend dem Öffnen und Schließen der Stimmlippen. Die Stimmlippenstellung verändert sich durch die vom Nervensystem (Recurrensfunktion) gesteuerte wachsende Elastizität des Stimmlippenmuskels für die hohen und höchsten Töne.

III. AKUSTISCHE GRUNDLAGEN

Der menschliche Kehlkopf ist in der Lage, die Luft, die aus dem kaudal angrenzenden Luftraum (Lunge, Bronchien, Trachea) in das Ansatzrohr tritt, in periodische Schwingungen zu versetzen. Die einfachste Form der Schwingung ist die Sinusschwingung; sie wird auch als "harmonische Schwingung" bezeichnet.

$$x = a \cdot \sin \omega (t - t_0) \quad (1)$$

x = Elongation

ω = Winkelgeschwindigkeit

t = Zeit

t_0 = Zeit zu Beginn des Schwingungsvorgangs

Nach FOURIER läßt sich jede Art von Schwingung als Superposition von Sinusschwingungen darstellen.

$$f(t) = A_0 \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin(\omega t + \varphi_n) \quad (2)$$

Dabei ist n eine ganze Zahl.

A_n sind die Amplituden der harmonischen Schwingungen.

Geht von einer Schallquelle eine reine Sinusschwingung der Frequenz f aus, so nennt man diesen Schall einen Ton. Reine Töne dieser Art kommen jedoch in der Natur fast nicht vor. Die auftretenden Schallereignisse setzen sich meist aus mehreren Teiltönen zusammen. Einen derartigen Dauerschall nennt man einen Klang. Dieser enthält mehrere Frequenzen, die sich überlagern: den "Grundton" und mehrere sogenannte "Obertöne". Bei einem Klang überwiegt im allgemeinen der Grundton. Daher ist die Stärke und Höhe des Grundtones charakteristisch für Klangstärke und Klanghöhe einer Stimme. Die verschiedenen Klangfarben entstehen durch Interferenz von Grundton und Obertönen.

Wenn die von den Stimmbändern erzeugten obertonreichen Klänge das Außenmedium erreichen, sind sie durch die Eigentöne des Ansatzrohres modifiziert worden. Auf gewisse Bereiche der Obertöne wirkt das Ansatzrohr dämpfend, auf andere verstärkend.

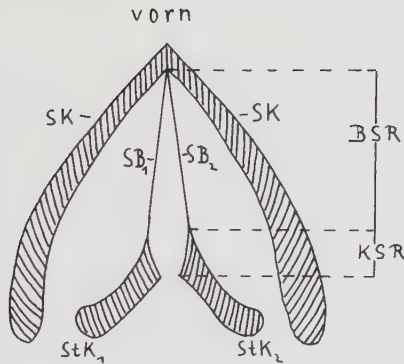
Die verstärkten Bereiche sind charakteristisch für die Vokale und werden nach L. HERMANN als Formantbereiche bezeichnet. Die nachfolgende Tabelle stellt die Lage der Formanten in der Tonskala dar:

Vokal	Formantbereich
U	200 - 400 Hz
O	400 - 600 Hz
A	800 - 1200 Hz
E	400 - 600 Hz und 2200 - 2600 Hz
I	200 - 400 Hz und 3000 - 3500 Hz

IV. DER KEHLKOPF ALS TONGENERATOR

1.) Anatomie

Der Kehlkopf liegt unmittelbar hinter und etwas unter der Zunge und stellt das obere Ende der Luftröhre dar, mit dem diese in den Rachenraum mündet. Die Luftröhre ist ein etwa 3 cm weiter Schlauch, dessen Wand durch zahlreiche Knorpelringe gestützt wird. Der oberste dieser Knorpelringe hat eine siegelringähnliche Form und heißt daher auch Ringknorpel. Auf ihm ruht der Schildknorpel, der aus zwei schräg nach hinten außen laufenden Platten besteht, die vorne in spitzem Winkel aufeinandertreffen. An der Innenseite der Ringknorpelplatte liegen die beiden Stellknorpel auf. Von ihren vorderen Enden ziehen die beiden Stimmbänder in die Spitze des Winkels zwischen den Schildknorpelplatten hinein. Die Stimmbänder bestehen aus elastischen Fasern, neben denen zahlreiche Muskelbündel, die Stimmbandmuskeln, liegen.



Waagrechtter Schnitt durch den Kehlkopf in Höhe der Stimmbänder.

(Schema) BSR = Bandteil der Stimmritze; kSR = knorpeliger Teil der Stimmritze; SB₁, SB₂ sind Stimmbänder; SK = Schildknorpel; StK₁, StK₂ sind Stellknorpel.

Das Innere des Kehlkopfes ist von Luftröhrenschleimhaut bekleidet. Diese wölbt sich in Form von zwei Falten, den Stimmlippen, rechts und links nach innen vor. Der Spalt zwischen den Stimmlippen wird Stimmritze genannt. Über den Stimmlippen wölbt sich die Schleimhaut noch einmal in Form der Taschenfalten ("falsche Stimmbänder") von beiden Seiten nach innen vor. Zwischen Taschenfalten und Stimmlippen entsteht somit ein taschenförmiger Raum, die sogenannte MORGAGNISCHE TASCHEN, die als Resonanzraum aufgefaßt werden kann.

Schräg über dem Kehlkopf liegt von vorne unten

nach hinten oben ragend ein löffelförmig gekrümmter Knorpel, der Kehldeckel. Er ist sowohl beim Schluckakt wie auch bei der Stimmgebung von Bedeutung.

Die innere Kehlkopfmuskulatur besteht aus den Schließmuskeln der Glottis, nämlich die *Musculi cricoarytaenoideus lateralis*, *thyreoarytaenoideus externus* und *internus*, *interarytaenoideus transversus* und *obliquus*. Diesen steht als einziger antagonistischer Glottisöffner der *Musculus cricoarytaenoideus dorsalis* gegenüber. Der *Nervus laryngeus recurrens caudalis* innerviert alle diese Muskeln. Durch die *Musculi cricoarytaenoidei* und *interarytaenoidei* werden die Stimm Lippen bis zum Stimmritzenschluß gespannt.

Während dieses Zustandes hoher Spannung wird der nach innen rotierende Aryknorpel (Stellknorpel) durch den *Musculus cricoarytaenoideus* nach hinten fixiert, um nicht nach vorne zu fallen. Der Ringknorpel wird währenddessen vom *Constrictor pharyngis posterior* nach hinten gezogen.

Der *Musculus cricothyreoideus* soll aufgrund seiner Innervation und seiner Funktion gesondert betrachtet werden. Er wird nerval versorgt vom äußeren, vorwiegend motorischen Ast des *Nervus laryngeus cranialis*. 1829 konnte ROBERT WILLIS als erster nachweisen, daß der *Musculus cricothyreoideus* die Stimm Lippen spannt. In neuerer Zeit gelang es, durch experimentelle Untersuchungen und durch Röntgenbefunde seine Funktion weitgehend aufzuklären. G. ARNOLD brachte in einer wichtigen monographischen Bearbeitung des *Musculus cricothyreoideus* sowohl in anatomisch-röntgenologischer als auch in elektromyographischer Hinsicht

den klaren Beweis, daß der *Musculus cricothyreoideus* ein äußerer Stimmlippenspanner ist.

Die übrige äußere Muskulatur des Kehlkopfes stellt eine Verbindung mit dem Zungenbein der Pharynxmuskulatur und dem Brustbein her. Sie besteht aus den paarigen *Musculi sternohyoidei*, *thyreohyoidei*, *sternothyreoidi* und *laryngopharyngei*. Diese Muskeln halten den Kehlkopf in seiner Stellung oder bewegen ihn kranio-kaudal. Dies ist sowohl für den Schluckakt wichtig, als auch für die Veränderung der supraglottischen Resonanzräume, um eine Klangfarbenänderung der Stimme zu gewährleisten.

W. und A. ZENKER teilen die von außen am Kehlkopf angreifenden Kräfte in zwei Gruppen ein:

a) Stimmlippenverlängernde Kräfte

Musculus cricothyreoideus (pars recta, pars obliqua), *ligamentum conicum*, von den Hinterflächen der Aryknorpel entspringende Oesophagusmuskulatur, *Musculus thyreopharyngeus* (Verengung des Kehlkopfraumes)

b) Stimmlippenverkürzende Kräfte

Musculus cricopharyngeus (Antagonist zum *Musculus cricothyreoideus*), funktionelle Kette (Cricoidplatte, Aryknorpel-Epiglottis-Mandibula), Trachealzug (resultierende Kraft greift vor der queren Achse des Cricothyreoidgelenkes an).

2.) Kehlkopfbewegungen

Der Kehlkopf ist als außerordentlich bewegliches

Organ dazu befähigt, seine Lage je nach Beanspruchung zu verändern. Im allgemeinen kann man sagen, daß bei hohen Tönen der Kehlkopf gehoben wird, während er bei tiefen Tönen nach unten gezogen wird. Für alle Vokale gibt es verschiedene Positionen. Dabei lassen sich individuell verschiedene, anlagebedingte Unterschiede feststellen.

3.) Funktion des Kehlkopfes

Lunge, Bronchien und Trachea bilden einen "Windraum". Aus diesem Windraum tritt ein Luftstrom durch einen Spalt, der von den schwingenden Stimmbändern begrenzt ist, aus. Dadurch wird die Luftsäule von Pharynx, Mundhöhle und Nase ebenfalls in Schwingungen versetzt. Die Geschwindigkeit der Stimmbandschwingung bestimmt die Frequenz und damit die Höhe eines Tones. Form, Größe und Anordnung der angrenzenden Lufträume bestimmen die Zahl und Intensität der Obertöne und somit die Klangfarbe der Stimme.

Der Kehlkopf ist ein sehr vielseitiger Schallerzeuger; das phonische System weist viele variable Komponenten auf: den Anblasedruck im Windraum, die Stimmlippenspannung, die Form der Glottis, ihre Lage zum Ansatzrohr und dessen Form und Größe. Eine rasche Muskelwirkung sorgt für den reibungslosen Ablauf dieser Vorgänge.

Das gesamte phonische System funktioniert reflektorisch, kann aber (für die höheren Stimmleistungen) über die Hirnrinde gesteuert werden. Die Glottis öffnet sich bei der Phonation gleichzeitig vorn und hinten, während sich die Mitte zuletzt trennt. Die Luft tritt explosionsartig durch die Glottis.

Dadurch sinkt der Druck oberhalb der Glottis ab und Luft strömt von unten nach. Sie saugt die medialen Flächen der Stimmlippen wieder zusammen, wobei die Stimmlippenmasse im Moment des Rückschwunges diese Bewegung unterstützt. Die Flächen legen sich von unten nach oben aneinander.

Glottis und Stimmlippenspannung verändern sich bei unterschiedlicher Tonhöhe in Masse und Bewegung:

- a) Bei tiefen Tönen rotieren die Aryknorpel nach außen. Die Glottis ist etwas geöffnet, die Stimmlippen sind entspannt und schwingen langsam.
- b) Mit steigender Tonhöhe strecken und spannen sich die Stimmlippen. Die Glottis schließt sich allmählich durch Innenrotation der Aryknorpel. In der Mittelstimme verlaufen die Stimmlippen fast parallel.
- c) Bei hohen Tönen gibt es einen Moment, wo die Stimmlippen maximal gespannt und verkürzt sind. Hier setzt ein neuer Stimmechanismus ein, der sogenannte Dämpfungsprozeß (PRESSMANN 1942). Die Aryknorpel bleiben einander vollständig genähert und fixiert, während je nach Tonhöhe nur wechselnde Segmente des Musculus vocalis mit spezifischen Muskelfasern elektiv tätig sind. Hierdurch variieren Stimmlippenlänge und Schwingungsvorgänge. Die schwingenden Teile der Stimmlippen erfahren eine Längenänderung,

wobei nur der vordere freie Teil der Stimmlippen schwingt - genauer nur die Randzone dieses Teils der Stimmlippe vom Ansatz des processus vocalis des Aryknorpels bis zum Ansatz am Schildknorpel.

V. RACHEN, NASEN- UND MUNDHÖHLE ALS "ANSATZROHR"

1.) Die menschliche Lautsprache entsteht durch die Koordination des Atmungs-, Stimm- und Lautbildungsapparates. Diese drei Organsysteme stehen wie alle Organe des Körpers unter der ständigen Kontrolle des Gehirns. Es handelt sich dabei um Leistungen des gesamten Gehirns, weil sowohl die Gehirnrinde, die tiefen Koordinations- und Assoziationszentren, die efferenten Bahnen und die bulbären Kerne an der harmonischen Äußerung der psychischen Vorgänge beteiligt sind.

2.) Anatomie und Physiologie des Rachenraumes

Der Rachenraum liegt zwischen Mundhöhle und Kehlkopf. Er besteht aus hinterer Rachenwand, die der Wirbelsäule anliegt, seitlicher Rachenwand und der vorderen Begrenzung, die vom Zungengrund, dem weichen Gaumen, den beiden Choanen und der Rachenenge gebildet wird. Die Muskulatur des Rachens besteht hauptsächlich aus dem Muskulus constrictor pharyngis, der in eine obere, mittlere und untere Portion unterteilt ist. Er ist cranial an der Schädelbasis aufgehängt und dorsal in loser Verbindung mit dem praevertebralen Gewebe. Daraus resultiert die Beweglichkeit dieses Muskelschlauches.

Nach caudal strahlen Muskelfasern in die Öffnung des Oesophagus ein. Nach ventral ziehen Muskelfasern zu den entsprechenden Kehlkopfknorpeln. In der seitlichen Rachenwand liegt ein kräftiges vertikales Muskelbündel, der Musculus salpingopharyngeus. Die Verbindung nach oben zum Gaumen hin bildet der Musculus palatopharyngeus.

Der Rachenraum wird in Epipharynx (hinter der Nase), Mesopharynx (hinter der Rachenenge) und Hypopharynx (hinter dem Zungengrund) eingeteilt. Im Mesopharynx liegt die funktionelle Kreuzung des alimentären und respiratorischen Kanals. Um den störungsfreien Ablauf der beiden physiologischen Vorgänge zu gewährleisten, haben sich zwei Verschlussmechanismen entwickelt: das Gaumensegel und die Epiglottis.

Die primäre Funktion des Rachens ist der peristaltische Transport der Nahrung, ermöglicht durch den sogenannten Schluckakt. Dieser besteht aus drei Phasen. Die erste Phase ist die willkürliche Zungenbewegung beim Schlucken, in der zweiten Phase hebt sich der Kehlkopf und der Kehldeckel verschließt den Kehlkopf. In der dritten Phase öffnet sich die Speiseröhre automatisch, während sich der Kehlkopf wieder senkt und die Epiglottis sich aufrichtet.

Neben dieser vital wichtigen Funktion weist der Rachen eine spezialisierte Nebenfunktion als Resonator des Stimmklanges auf. In phonetischer Hinsicht ist der Rachen ein wichtiger Anteil des klangformenden Ansatzrohres, das heißt, seine Erweiterung

vermehrt die Resonanz und damit auch den Klang der Stimme. Verengt sich jedoch der Rachen, so wird der Stimmklang resonanzärmer, das heißt schwächer und dünner. Diese Tatsache läßt sich akustisch dadurch erklären, daß Ansatzrohr und Kehlkopf ein gekoppeltes System darstellen und sich deshalb während all ihrer ablaufenden Schwingungsvorgänge resonatorisch beeinflussen.

3.) Anatomie und Physiologie des Gaumens und Gaumensegels

Der Gaumen besteht aus dem vorderen harten Gaumen und dem hinteren weichen Gaumen. Der harte Gaumen beansprucht zwei Drittel der gesamten Gaumenlänge und besteht aus dem paarigen Os palatinum und den beiden Gaumenfortsätzen der Maxilla. Am hinteren Rand der beiden Gaumenbeine ist der weiche Gaumen angewachsen. Dieses hintere Drittel der gesamten Gaumenlänge stellt das Gaumensegel dar. Es ist auf seiner oralen Seite mit geschichtetem Plattenepithel, auf seiner nasalen Seite mit dem zylindrischen Flimmerepithel der oberen Luftwege überzogen. Für seine fein koordinierten Bewegungen hat sich ein kompliziertes Muskelsystem ausgebildet.

a) Gaumenheber

Der Musculus levator veli palatini erstreckt sich von der Spitze des Felsenbeines zum Gaumen und verflocht sich dort fingerförmig mit den Musculi Palatopharyngeus, Tensor veli palatini und Azygos uvulae. Er hebt den mittleren Gaumen und zieht ihn zurück.

Der Musculus tensor veli palatini zieht vom

Dornfortsatz des Keilbeins und von der lateralen Wand der Tube zur palatinalen Aponeurose.

Er biegt dabei um den Hammerfortsatz des Pterygoidflügels des Keilbeins.

Er hebt das Gaumensegel bis zur Höhe des Hammerfortsatzes. Von hier zieht er den Gaumen herab als Gegenwirkung zum *Musculus levator veli palatini*. Außerdem spannt er die palatinale Aponeurose.

Der *Musculus salpingopharyngeus* dehnt sich zwischen dem unteren Rand des Tubenknorpels und dem hinteren seitlichen Anteil des Pharynx.

Die Kontraktion dieses Muskels bewirkt eine Öffnung der Tuba, während die Rachenmuskulatur nach oben gezogen wird.

Der *Musculus palatopharyngeus* bildet den hinteren Gaumenbogen. Er zieht sich vom Gaumensegel in die seitliche Rachenwand.

Bei seiner Kontraktion zieht er den Gaumen nach abwärts.

Der *Musculus palatoglossus* bildet den vorderen Gaumenbogen und zieht vom Gaumensegel zur Zunge. Er unterstützt die Wirkung des *Musculus palatopharyngeus*.

Der einzige unpaarige Muskel dieser Gruppe ist der *Musculus Azygos uvulae*. Er erstreckt sich in der sagittalen Mittellinie des Gaumensegels.

Seine Kontraktion bewirkt ein Vorwölben der hinteren Gaumenwand in der Mittellinie.

b) Gaumenschnürer

Der kraniale *Musculus constrictor pharyngis* bewirkt das Zusammenziehen des Gaumens. Seine konzentrische Kontraktion formt einen horizontalen

Halbring an der hinteren Rachenwand in Höhe des harten Gaumens. Nach seinem Entdecker wird dieser Halbring auch PASSAVANTS'HER WULST genannt. Dieser Wulst ist für den sicheren Gaumenabschluß verantwortlich.

Die Innervation des palatopharyngealen Mechanismus ist noch nicht ganz geklärt und deshalb etwas verwirrend. TAILLENS (1947) beschreibt sie folgendermaßen:

Nervus Trigemini (V. Hirnnerv)	}	Musculus tensor veli palatini
3. Ast = Nervus mandibularis		
Nervus Glossopharyngeus (IX. Hirnnerv)	}	Oberer Musculus constrictor pharyngis
Plexus pharyngeus	}	Mittlerer und unterer Musculus constrictor pharyngis und alle ande- ren Gaumenmuskeln
Nervus glossopharyngeus (IX.)		
Nervus vagus (X.)		

Die primäre Aufgabe des Gaumens ist die Trennung von luft- und Speiseweg. Dazu spannt und hebt sich das Gaumensegel. Beim Atmen muß das Gaumensegel erschlaffen, um den Luftweg von der Nase über den Nasenrachen zu Kehlkopf und Luftröhre herzustellen. Die sekundäre, phylogenetisch später hinzugekommene Funktion des Gaumens ist seine Beteiligung bei der Phonation. Das velopharyngeale Ventil des Gaumenverschlusses verhindert eine unerwünschte Nasenresonanz beim Aussprechen von Mundlauten. Bei Nasenlauten, die das Mittönen der nasalen

Resonanz erfordern, muß das Gaumensegel wieder entspannt herabsinken.

Eine Studie von BLOOMER (1953) beschreibt die drei verschiedenen Funktionsweisen des Gaumensegels, das Schlucken, das Phonieren und das Blasen.

Das Schlucken besteht aus peristaltischen Sphinkteraktionen. Die seitlichen Rachenwände wölben sich nach innen vor. Nur unter bestimmten Umständen, wie etwa beim Leerschlucken, angestregten Sprechen, Singen hoher Töne und bei Anwendung der Bauchrednerstimme wird die vertikale Platte des weichen Gaumens unter Mitwirkung des Musculus azygos uvulae stark gehoben.

Bei der Phonation steht die Hebung des Gaumens im Vordergrund. PASSAVANT beschrieb 1869 als erster den Gaumenmechanismus.

"Wie man seither allgemein weiß, benötigt der Vokal A und die drei Nasallaute M, N und G die geringste Erhebung des Gaumens. Dahingegen erfordern der Vokal U und die Zischlaute der S-Reihe die stärkste und höchste Erhebung des Gaumensegels (GUTZMANN, HARTMANN)" (Zit. aus ARNOLD/LUCHSINGER).

Den Vorgang des Blasens beschreibt BLOOMER. Auch hier wird der Gaumen gehoben und ähnelt in seiner Bewegung dem Phonationsvorgang. Bei leichtem Blasen hebt sich das Gaumensegel nur wenig, bei kräftigem Blasen wird es stark angehoben.

4.) Anatomie und Physiologie der Zunge

Die Zunge ist ein fleischiges Organ von großer Beweglichkeit. Sie besteht aus einem doppelten System von Muskeln, den intrinsischen und den extrinsischen. In der Mittellinie liegt eine fibröse Scheidewand, die die Zunge in zwei Hälften teilt.

Unterhalb der Zunge liegt das Zungenbein (Os hyoideum), ein hufeisenartiger Knochen, der aus einem zentralen Körper und den paarigen cornua maiora und minora besteht. Das Zungenbein ist der Ansatzpunkt sowohl für die Zungenmuskulatur als auch für die Kehlkopfmuskulatur.

Die intrinsische Muskulatur der Zunge ist maßgeblich für die Veränderung von Form und Gestalt der Zunge. Sie besteht aus oberen und unteren longitudinalen, aus queren und aus vertikalen Muskelzügen.

Die extrinsischen Zungenmuskeln haben ihren Ursprung außerhalb der Zunge und strahlen in die intrinsischen ein. Sie bestimmen Lage und Bewegungen der Zunge.

Der Musculus genioglossus zieht von der Symphysis mandibulae zur Unterseite der Zunge. Er zieht die ruhende Zunge nach vorne, die vorgestreckte Zunge nach hinten.

Der Musculus hyoglossus verläuft vom Zungenbein zum seitlichen Zungenrand. Er zieht die Zunge herab. Der Musculus styloglossus verschmilzt mit den Muskelbündeln des Musculus hyoglossus und der unteren Längsmuskeln. Er zieht die Zunge nach oben und rückwärts.

Der Musculus palatoglossus zieht durch die Falte des vorderen Gaumenbogens abwärts in die Zungen-
seite. Er zieht den Zungengrund aufwärts oder den Gaumen abwärts.

Die Innervation der Zunge entspricht ihrer dreifachen Aufgabe als Kau-, Tast- und Geschmacksorgan. Die Zunge wird daher von motorischen, sensiblen und gustatorischen Nerven versorgt. Dazu kommen noch sekretorische und vasomotorische Fasern

des Nervus sympathicus.

Die motorische Versorgung übernimmt der XII. Hirnnerv, der Nervus hypoglossus. In die sensible Versorgung teilen sich der Nervus lingualis (V. Nervus trigeminus) für die vorderen zwei Drittel der Zunge, der Nervus glossopharyngeus (IX. Hirnnerv) für das hintere Drittel der Zunge.

Gustatorische Nervenfasern ziehen durch die Chorda tympani (VII. Nervus facialis) für die vorderen zwei Drittel der Zunge, der Nervus glossopharyngeus (IX. Hirnnerv) für das hintere Drittel der Zunge.

Die Zunge ist das wichtigste Organ für die Geschmacksempfindung und durch ihre Motilität ein bedeutender Teil des Kau- und Schluckmechanismus. Die Funktion der Lautbildung hat sich sekundär dazu entwickelt. Durch linguale Artikulation wird sowohl die Vokalbildung, als auch die Aussprache der Zungenkonsonanten beeinflusst. Je nach dem lautbildenden Widerlager der Zunge unterscheidet man linguo-dentale, linguo-alveolare, linguo-palatinale und linguo-pharyngeale Laute.

Bedingt durch ihre reich gegliederte innere und äußere Muskulatur verfügt die Zunge über eine erhebliche Kraft.

Kraft, Beweglichkeit und fein abgestufte Koordination bilden die motorischen Voraussetzungen für zwei Grundmerkmale der menschlichen Laute:

1. ihre endlose Vielfalt und Variabilität in Bezug auf die unbeschränkten Möglichkeiten der Lautabstufung in verschiedenen Sprachen; und
2. ihre genaue Wiederholbarkeit innerhalb enger physiologischer Spielräume zur Wahrung der diakritischen Relevanz (ARNOID/LUCHSINGER)".

5.) Anatomie und Physiologie der Nase

Die äußere Nase wird durch ein teilweise knorpeliges, teilweise knöchernes Skelett gestützt. Das knorpelige Nasenseptum schiebt sich zwischen die Lamina perpendicularis des Siebbeins und den Vomer mit einem schmalen Fortsatz. Die laterale Begrenzung der Nase bilden beiderseits die drei Nasenmuscheln (Conchae nasales). Zwischen oberer und mittlerer Muschel liegt der obere Nasengang. In ihn münden die hinteren Siebbeinzellen. Der mittlere Nasengang verläuft zwischen mittlerer und unterer Muschel. In ihm liegen die Mündungen des Sinus frontalis, Sinus maxillaris und der Cellulae ethmoidales anteriores. Der untere Nasengang befindet sich zwischen unterer Nasenmuschel und Nasenboden. In ihn mündet der Tränennasengang.

Die primäre Funktion der Nase ist durch ihre differenzierte Schleimhautauskleidung vorgegeben. So finden wir im oberen Nasengang und den oberen Muscheln ein Riechepithel mit Sinnesrezeptoren. Die übrige Nasenhöhle ist mit respiratorischem Flimmerepithel ausgekleidet. Sie ist durchzogen von Venengeflechten und tubulösen Drüsen, die dünnflüssiges schleimiges Sekret absondern.

Zu der Nasenhöhle gehören die Nasennebenhöhlen. Sie sind pneumatisiert, haben aber keine selbständige Bedeutung, sondern sie unterliegen mechanisch-konstruktiven Bedingungen.

Nasenhöhle und Nasennebenhöhlen nehmen durch ihre Verbindung mit Pharynx und Mundhöhle am Resonanzgeschehen teil.

6.) Anatomie und Physiologie der Mundhöhle, der Zähne und des Unterkiefers

Die Lippen stellen die orale Eingangspforte des Organismus dar. Sie liegen normalerweise den Zähnen an, die in den Alveolen der Alveolarfortsätze des Ober- und Unterkiefers stecken. Der Mundboden ist von der Zunge ausgefüllt. Der Zungenrücken führt zur Rachenenge (Isthmus faucium) mit den beiden Gaumenbögen und den dazwischen liegenden Gaumenmandeln und weiter zum Schlund (Pharynx). Das Dach der Mundhöhle wird vom harten und weichen Gaumen gebildet. Seitlich wird sie von den Wangen begrenzt.

Die gesamte Schleimhaut der Mundhöhle ist von verhornendem Plattenepithel bedeckt, das Schleimdrüsen zur Erhaltung von Feuchtigkeit und Glätte enthält.

Mehrere Systeme von Muskeln bestimmen den Aufbau der Weichteile von Gesicht und Mundhöhle:

Die mimische Muskulatur ermöglicht das Mienenspiel und verformt das sogenannte Ansatzrohr, was ihre Bedeutung für die Sprache unterstreicht. Einen besonderen Einfluß auf die Lautbildung haben die Lippenmuskeln. Die Kaumuskeln bilden die Wange und können auf diese Weise ebenfalls an der Formveränderung der Mundhöhle mitwirken.

Die primäre Funktion der Mundhöhle besteht aus Einführen, Kauen, beginnendem Andauen und Schlucken der Nahrung. In ihrer sekundären und spezifisch menschlichen Funktion stellt sie sich jedoch als Resonator der Vokale dar. Sie enthält die sogenannten Artikulationsorgane wie Lippen, Zunge und Zähne. Sämtliche an der Artikulation beteiligten Gebilde funktionieren jedoch nur in engster Koordination.

Zähne können allein keinerlei Klänge erzeugen. Sie liefern jedoch eine feste Anhaltslinie, gegen welche die Zunge und die Unterlippe die liguo-dentalen bzw. die labio-dentalen Sprachlaute artikulieren können. Voraussetzung ist natürlich ein vollzähliger und okkludierender Satz von Zähnen. Der erwachsene Mensch hat 32 Zähne, auf jeder Hälfte der beiden Kiefer 2 Schneidezähne, 1 Eckzahn, 2 Prämolaren und 3 Molaren. Ober- und Unterkiefer unterscheiden sich grundsätzlich in ihrer Beweglichkeit. Der Oberkiefer (Maxilla) ist fest mit den Schädelknochen verwachsen und bildet die Bezugsebene für den beweglichen Unterkiefer (Mandibula).

Der Unterkiefer besteht aus einem paarigen horizontalen Ast, der in der Mittellinie das Kinn bildet, sowie einem paarigen aufsteigenden Ast, der sich kranial in einen vorderen Muskelfortsatz und einen hinteren Gelenkfortsatz teilt. Dieser trägt ein Gelenkköpfchen, das in die Gelenkgrube des Schläfenbeins paßt und mit ihr das zylindrische Kiefergelenk bildet. Es sind daher drei Bewegungsrichtungen möglich:

- a) Rotation um eine horizontale Achse für Hebung und Senkung der Mandibula,
- b) horizontale Verlagerung nach vorne und rückwärts,
- c) seitliche Verschiebung nach rechts und links.

Nach den Bewegungsrichtungen unterscheidet man folgende Muskelsysteme:

- a) Depressoren des Unterkiefers wie Platysma (Nervus facialis), vorderer Bauch des Musculus biventer (Nervus mandibularis), Musculus mylohyoideus (Nervus mandibularis) und Musculus geniohyoideus (Nervus hypoglossus).

- b) Heber des Unterkiefers wie Musculus temporalis, Musculus masseter und Musculus pterygoideus medialis. Alle diese Muskeln werden von Zweigen des Nervus mandibularis versorgt.
- c) Vorstrecker des Unterkiefers wie Musculus masseter gemeinsam mit dem vorderen Anteil des Musculus temporalis und dem Musculus pterygoideus lateralis.
- d) Zurückzieher des Unterkiefers wie Musculus masseter gemeinsam mit dem hinteren Anteil des Musculus temporalis und dem Musculus pterygoideus medialis.

Die Rotation und seitliche Verlagerung wird durch Pterygoidmuskeln bestimmt.

Physiologisch gesehen kann man die Bewegungen des Unterkiefers in

- a) reine Mahlbewegungen zur Zerkleinerung der Nahrung (lateral-, Protrusions- und Retrusionsbewegungen)
- b) vornehmlich vertikale Bewegungen zur Artikulation

unterteilen.

VI. ALLGEMEINES ÜBER ZAHNSTELLUNGEN

1.) Neutralbiß

Eine gesunde Entwicklung und Ernährungsweise vorausgesetzt, stellt sich beim Menschen nach abgeschlossenem Wachstum von selbst ein sogenannter "Neutralbiß" ein. Dabei muß die Oberkieferzahnreihe vor der Unterkieferzahnreihe zu liegen kommen. Dies geschieht infolge der Breitendifferenz zwischen

oberen und unteren Schneidezähnen. So okkludieren die Seitenzähne des Unterkiefers um eine halbe Prämolarenbreite vor denen des Oberkiefers. Diese Bißlage bezeichnet man als "Neutralbiß" oder "Regelbiß". Alle Abweichungen von diesem Schema fallen in das Gebiet der Gebißanomalien (Dysgnathien).

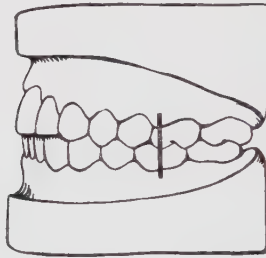
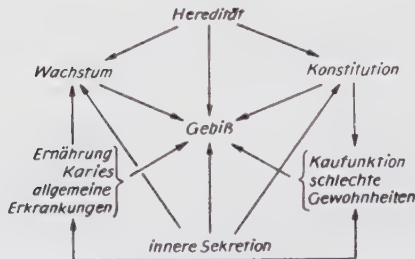


Abb. Neutralbiß

2.) Stellungsanomalien

a) Das folgende Schema von R. HOTZ verdeutlicht die verschiedenen Ursachen der Gebißunregelmäßigkeiten.



Faßt man die Meinungen der verschiedenen Autoren hinsichtlich der Heredität von Dysgnathien zusammen, so ergibt sich, daß der Vererbung die zentrale Stellung zukommt. Eine reine Form der Vererbung scheint selten zu sein; meist sind Vererbung, Anlage und Umwelt an der Veränderung beteiligt.

α Vererbung

Eine Möglichkeit, die Vererbung von Gebißunregelmäßigkeiten zu erforschen, bietet sich in der Familienforschung. Dazu sind Kieferabdrücke und Photographien der verschiedenen Familienangehörigen nötig. Ein bekanntes Beispiel für eine dominant vererbte Dysgnathie ist die Progenie im Hause Habsburg, die sich anhand von Portraits lückenlos durch mehrere Generationen verfolgen läßt. Die Zwillingsforschung ermöglicht ebenfalls Beobachtungen. Bei eineiigen Zwillingen ist das Keimmaterial identisch. Daher läßt sich bei eineiigen Zwillingen die Vererbung von Gebißanomalien gut nachweisen. Schließlich ist auch das Tierexperiment zur Klärung der Vererbungsfrage herangezogen worden. So haben Forscher wie SIEMENS-HUNOLD, WEITZ-PRAEGER, KANTOROWICZ, KORKHAUS, RITTER, LUNDSTRÖM, CHR. SCHULZE und andere an Kreuzungen von Hunderrassen bewiesen, daß eine Reihe von Gebißunregelmäßigkeiten als erbbedingt anzusehen sind. Dazu zählt sicher die echte Progenie, Unregelmäßigkeiten in der Zahnzahl (Über- oder Unterzahl), sowie Kippungen und Drehungen der Zähne. Außerdem sollen zur Entstehung von erblichen Dysgnathien nicht nur pathogene Gene führen,

sondern auch Dysharmonien bei der genetischen Neukombination verschiedener normaler Gene, die für die Zahn- und Kiefergröße verantwortlich sind (E. REICHENBACH).

β Umwelteinflüsse

Zu den bekanntesten Fehlbildungen des Gebisses zählte zweifelsohne die rachitische Veränderung, die heutzutage etwas in den Hintergrund getreten ist. Bei der Rachitis handelt es sich um eine Stoffwechselstörung, die auf einen Vitamin-D-Mangel zurückzuführen ist. Die Rachitis selbst verursacht keine Gebißunregelmäßigkeit, sondern bewirkt eine mangelhafte Verkalkung der Knochen und somit auch der Kieferknochen. Ein großer Teil der Gebißanomalien entsteht durch Funktionsminderung des Kauorgans. Der zivilisierte Mensch nimmt sein Gebiß durch verfeinerte Ernährung und deren ungenügende Zerkleinerung nicht genügend in Anspruch. Die Forschungsarbeiten von KORKHAUS mit Kindern eines Waisenhauses zeigten, daß regelmäßiger Genuß von Vollkornbrot anstelle von Weißbrot das sich entwickelnde Kauorgan deutlich förderte.

Zu den Ursachen für Dysgnathien kann man weiterhin die sogenannten "habits" zählen. Unter "habits" versteht man gewisse "Gewohnheiten" wie Lutschen, und zwar mit dem Daumen, dem Handrücken, der Zunge, dem Sauger und ähnlichem. Dadurch wird sowohl das Hunger- wie auch Lustgefühl befriedigt. In diese Reihe eingliedern läßt sich außerdem noch das Einsaugen der Wange und das Lippenbeißen. Beißen auf die Zunge,

Lutschen und Pressen mit der Zunge sowie falsche Schluckgewohnheiten sind zu erwähnen.

Zu den Umwelteinflüssen zählt auch die sogenannte Mundatmung, die durch eine Behinderung der normalen Nasenatmung zustande kommt. Die Mundatmung führt zwangsläufig zu einer Unterentwicklung der Lippenmuskulatur. Die Oberlippe ist bei diesen Fällen bogenförmig nach oben gezogen und aufgeworfen; es fehlt die normale horizontale Mundspalte, das Lippenrot ist trocken und rissig. Die Frontzähne wandern in der Folge in die typische Protrusionsstellung (Kippung nach vorne). Da der Unterkiefer nach unten hinten sinkt, kann die Zunge nicht mehr normal dem vorderen Drittel des Gaumens anliegen, weil sie der Bewegung des Unterkiefers folgen muß. Es fehlt deshalb der funktionelle Reiz der Zunge auf den Oberkiefer, der den Gaumen und den oberen Zahnbogen ausweitet. Durch die ständige Öffnung des Mundes liegt die Wange den Seitenzähnen in erhöhter Spannung an. Dies führt häufig zum Schmalkiefer.

Auch vorzeitiger Zahnverlust ist eine nicht zu unterschätzende Ursache für Gebißunregelmäßigkeiten. Schon der Verlust von einzelnen Milchzähnen speziell im Milchseitenzahngebiet (sogenannte Stützzone) bewirkt eine falsche Einstellung der bleibenden Zähne. Der Kieferknochen bietet den Zähnen nicht mehr genügend Raum und es kommt zu Fehlstellungen wie Eckzahnhochstand und Durchbruch von Prämolaren außerhalb der Zahnreihe. Der recht häufige, ausge dehnte Milchzahnverlust bewirkt eine Unterent-

wicklung des betreffenden Kiefers. Eine ähnliche Fehlentwicklung zeigt sich auch bei der vorzeitigen Entfernung eines bleibenden Zahnes bei noch nicht abgeschlossenem Längenwachstum des Kieferknochens. Hemmungen im Längenwachstum des Alveolarfortsatzes mit allen später auftretenden Schäden sind die Folge.

b) Spezielle Dysgnathien

α Schmalkiefer

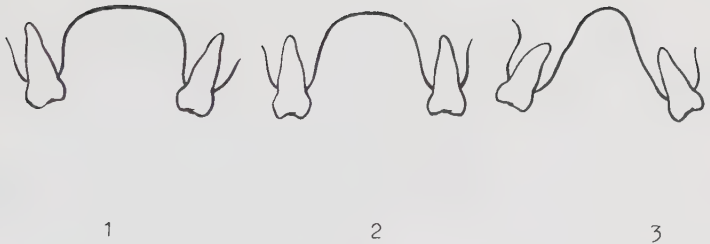
"Unter einem Schmalkiefer versteht man diejenige Gebißunregelmäßigkeit, die als hervorstechendes Merkmal eine Kieferenge, das heißt, eine regelwidrige Annäherung der Seitenzahngruppen an die Raphe-Medianebene aufweist" (REICHENBACH).

Laut Statistik kommt diese Art der Gebißanomalien am häufigsten vor. Man unterscheidet drei Formen von Schmalkiefern:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Schmalkiefer mit engstehender Spitzfront | } Protrusion |
| 2. Schmalkiefer mit lückiger Front | |
| 3. Schmalkiefer mit frontalem Engstand | |

Die unter Punkt 1 und 2 genannten Formen des Schmalkiefers können koronal bedingt sein, das heißt, daß die Kieferbasis normal entwickelt ist, die Zahnkronen jedoch zur Raphe-Medianebene hin gekippt sind. Man nennt dies auch koronale Kompression (Abb. 1). Fast ebenso häufig wie die koronale ist die alveoläre Kompression. Zu ihrem Erscheinungsbild gehört der hohe Gaumen, der bei der apikalen Kompression mehr spitzbogenförmig und an der apikalen Basis außerordentlich schmal ist (Abb. 2

und 3).



Die eben besprochenen Formen des Schmal kiefers stehen meistens im Zusammenhang mit einer Protrusion der Zahnreihe. Dazu ein Anschauungsmodell:

Wird eine entsprechend dem Zahnbogen geformte Perlenkette seitlich komprimiert, so weichen die Glieder nach vorne aus (siehe Abb.)



Dasselbe Verhalten zeigt auch die Zahnreihe des Oberkiefers. Dabei stehen die Frontzähne entweder in enger Berührung (engstehende Protrusion), oder sie sind radiär auseinander-

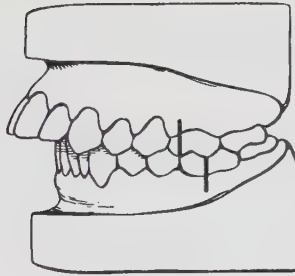
getrieben (lückige Protrusion).

In einem derartigen Gebiß stehen die Zähne des Unterkiefers im Engstand und retrudiert. Manchmal sind bei lückiger Protrusion des Oberkiefers auch die Frontzähne des Unterkiefers aufgelockert und nach vorne gekippt.

Bei dem unter Punkt 3 genannten Schmaalkiefer mit frontalem Engstand handelt es sich um eine Kieferverengung mit gedrängter Stellung der Frontzähne. Dabei weisen sowohl Oberkiefer wie auch Unterkiefer einen frontalen Engstand auf. Schneidezähne wie auch Eckzähne haben sich durch Drehung auf den verengten Zahnbogen eingestellt.

β Distalbiß

Unter Distalbiß versteht man eine Hypoplasie (Mikrogenie) oder eine Distalverlagerung des Unterkiefers mit Rücklage des Kinns, negativer Lippenstufe und Rückbiß der unteren Frontzähne (Distalbiß, Angleklasse II). Der Distalbiß ist nicht selten mit einem Vorbiß des Oberkiefers (Prognathie) kombiniert. Im Oberkiefer zeigt sich häufig ein Engstand der Frontzähne, während die unteren Schneidezähne oft verlängert sind und auf die Gaumenschleimhaut beißen. Wenn der Distalbiß bereits im Milchgebiß voll entwickelt erscheint, lassen sich mit Recht gewisse genetische Rückschlüsse ziehen. Es gibt zum Beispiel Kinder, die schon bei der Geburt eine besonders große Schneidestufe aufweisen oder bei denen aus irgendwelchen Gründen die nötige Vorentwicklung des Unterkiefers ausgeblieben ist.



Distalbiß

γ Der offene Biß

Unter dem offenen Biß versteht man vorwiegend eine Anomalie im Frontzahnbereich. Die Zähne eines oder beider Kiefer erreichen die Kaufläche nicht, so daß beim Zusammenbeißen kein Kontakt aufgefunden wird. Es fehlt also ein Zusammenbiß in vertikaler, aber nicht wie bei der Protrusion in sagittaler Richtung. Grundsätzlich unterscheidet man einen "lutsch-offenen Biß" - wie der Name sagt, bedingt durch Lutschgewohnheiten - und den "rachitisch offenen Biß", bedingt durch Rachitis und daraus folgenden schweren Kieferdeformierungen. Kennzeichnend für das Krankheitsbild dieses "echten offenen Bisses" ist die überaus starke Ausbildung des Alveolarfortsatzes im Molaren - und die geringe im Frontzahnbereich. Dazu gesellen sich noch ver-

schiedene andere Kieferdeformierungen.



Offener Biß

3.) Die Progenie als besonderer Gegenstand der Untersuchung

a) Zur Vererbung der Progenie

Die ersten Hinweise auf den Begriff Progenie gehen auf das Jahr 1868 zurück. Er wurde von dem Göttinger Professor für Psychiatrie L. MEYER im Jahre 1868 geschaffen:

"Progenaea, eine bisher nicht beschriebene Schädel-Difformität".

Diese Anomalie kam überraschend häufig bei den Geisteskranken der Göttinger Irrenanstalt vor. (Diese Tatsache war jedoch rein zufällig, da keinerlei Zusammenhang besteht zwischen Progenie und Geisteskrankheit) Der damals geprägte Begriff Progenie wurde von den Anthropologen übernommen. Zu dieser Zeit beschrieb man damit entweder einen Kinnvorsprung oder eine Vorverlegung des gesamten Unterkiefers vor den übrigen Gesichtsschädel. Saggitale Bißfehler wurden damals nicht berücksichtigt. In der modernen

Zahnheilkunde beschreibt man das Gesamtbild der Progenie mit einer Veränderung der Lage und Form des Unterkiefers und dem unteren Frontzahnvorbiß. Das Kinn steht mehr oder weniger weit vor, wodurch das Gesicht vergrößert erscheint.

BIMLER (1952) spricht hinsichtlich der verschiedenartigen Genese und Symptomatologie nicht von der Progenie schlechthin, sondern vom "progenen Formenkreis". Er unterteilt diesen nach morphologischen und/ oder ätiologischen Gesichtspunkten in mehrere Formen. Unter den vielen Unterteilungsvorschlägen hat sich jedoch der Vorschlag von KORKHAUS (1939) durchgesetzt. Er gliedert die Progenie wie folgt:

α Progener Zwangsbiß

Er ist im Milchzahngebiß vorgegeben durch verkehrte Führung der Milchschnidezähne. Diese bewirkt eine falsche Verzahnung der bleibenden Zähne, besonders der Eckzähne, die gewöhnlich als die eigentlichen Träger der Zwangsführung angesehen werden.

β Echte Progenie

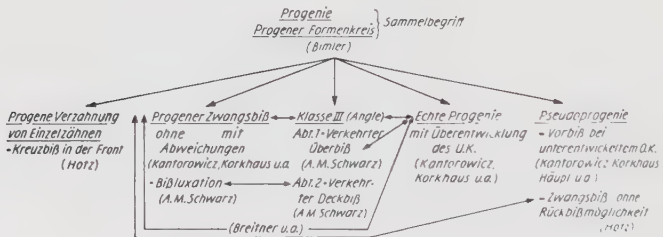
Sie ist eine Vergrößerung des Unterkiefers mit Vorbiß der gesamten unteren Zahnreihe. Es handelt sich hierbei um einen Wachstumsvorsprung.

γ Pseudoprogenie

Hier besteht eine Wachstumshemmung im Oberkiefer bei frühzeitigem Zahnverlust oder Zahnunterzahl ("Vorbiß bei unterentwickeltem Oberkiefer").

Die Vererbung der Progenie beruht nach allgemei-

ner Ansicht auf der Wirkung eines einzelnen, autosomalen, sich regelmäßig äußernden Gens. Dies hat sich anhand von Sippenuntersuchungen bestätigt.



Gerade in den letzten Jahren setzten sich neue Erkenntnisse durch. 1961 fand SCHWARZ, daß auch der progene Zwangsbiß sich vererben könne, falls er auf Steilstellung oder Inversion der oberen Schneidezähne beruhe. KORKHAUS und NEUMANN wiesen mittels Fernröntgenseitenbildern die Beteiligung von Oberkiefer und Unterkiefer an der Progenie nach. [Die Fernröntgenseitenaufnahme (FRS) des Schädels ist ein wichtiges diagnostisches Hilfsmittel in der Kieferorthopädie und Kiefergesichtschirurgie. Es mißt Strukturmuster des Gesichtsschädels und läßt Wachstumstendenzen erkennen]. In einem kleineren Teil der Fälle war Unterentwicklung bzw. Rücklage des Oberkiefers die entscheidende Ursache der Progenie, bei den anderen Fällen Hypoplasie des Oberkiefers

neben Hyperplasie des Unterkiefers. Ein anderer entscheidender pathogenetischer Faktor beim Zustandekommen der echten Progenie ist nach Ansicht von BECKER die Zunge. Ein mutierendes Gen bewirkt Hyperplasie der Zunge und als Sekundärererscheinung Hyperplasie der Mandibula. Untersuchungen über die Morphologie des Gesichtsschädels bei kieferorthopädischen Fällen ergaben neue Erkenntnisse, die die bisher bekannten Ursachen für die Entstehung der Progenie ergänzen.

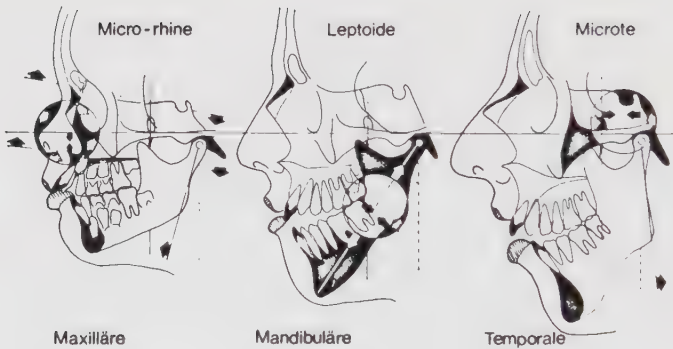
- b) Neue Gesichtspunkte zur Ätiologie der Progenie
Nach Untersuchungen von H.B. BIMLER zeigten sich bei Progenien immer wieder Abweichungen in der Gesichtsstruktur als Ausdruck systematischer Wachstumsstörungen. Er unterscheidet drei Formen:

1. die mikro-rhine Dysplasie
2. die leptoide Dysplasie
3. die microte Dysplasie

Nach STARCK beobachtet man Wachstumsstörungen des Schädels in unterschiedlicher Ausprägung, wenn in der dritten embryonalen Woche die sogenannten Kopforganisatoren durch Sauerstoffmangel oder andere störende Einflüsse vorübergehend geschädigt werden.

"In solchen Fällen können wir in den späteren Lebensabschnitten ganz bestimmte Regionen mit reduziertem Wachstum beobachten."
(BIMLER)

Wachstums-Störungen



Zu 1. Bei der mikro-rhinen Dysplasie handelt es sich um eine Entwicklungsstörung des Mittelgesichtes. Die Folge dieser Wachstums-
hemmung ist eine Rotation der Oberkiefer-
grundebene und der vorderen Schädelbasis
im Uhrzeigersinn. Diese Abweichungen las-
sen sich kephalometrisch messen. Bei der
mikro-rhinen Dysplasie ist der vordere
Kopforganisator geschädigt. Er stellt eine
mesenchymale Gewebspartie dar, die unter
dem späteren khinencephalon liegt und
Wachstum und Differenzierung im Bereich
der Nasenkapsel induziert.

"Durch eine Schädigung in der kritischen Zeit wird die Entwicklung im vorderen Mittelgesicht für dauernd beeinträchtigt."
(BIMLER)

Zuerst beobachtet man dieses Syndrom an Kindern mit Mundatmung und offenem Biß. Diese Kinder sind äußerlich leicht an ihren kleinen Nasen und aufwärts gerichteten Nasenlöchern, ihrer kurzen Oberlippe und an einer antimongoloiden Schrägstellung der Augen zu erkennen. Bei Hals-Nasen-Ohren-Ärzten ist dieses Gesicht seit langem als "adenoides" Gesicht bekannt. Kephalometrisch gesehen ist die mikro-rhine Dysplasie eine Vorwärts-Aufwärts-Rotation des Nasenbodens auf Grund einer unterentwickelten Zone im Bereich des Mittelgesichts. Meistens findet man bei dieser Wachstumshemmung einen Distalbiß, unter gewissen Bedingungen aber kann durch die Erniedrigung des Mittelgesichts ein frontaler Kreuzbiß oder eine Progenie entstehen.

- Zu 2. Bei der microten Dysplasie ist in der kritischen Zeit -etwa 3. Embryonalmonat- der hintere Kopfororganisator geschädigt. Bei schweren Fällen findet man auch den Clivus in seiner Länge reduziert und zur Frankfurter Horizontalen (= gedachte Linie vom Oberrand des Tragus zur Spina nasalis inferior) auffällig steil gestellt. Als extremes Beispiel dieser Wachstumsstörung sei die Dysostosis cranio-facialis (Pseudo-Crouzon) zu erwähnen. Diese Gesichter zeigen neben einer Hakenscharte eine deformierte Nase und verkrüppelte Ohren. Röntgenuntersuchungen ergaben, daß der gesamte Spheno-occipito-temporale Komplex betroffen ist.

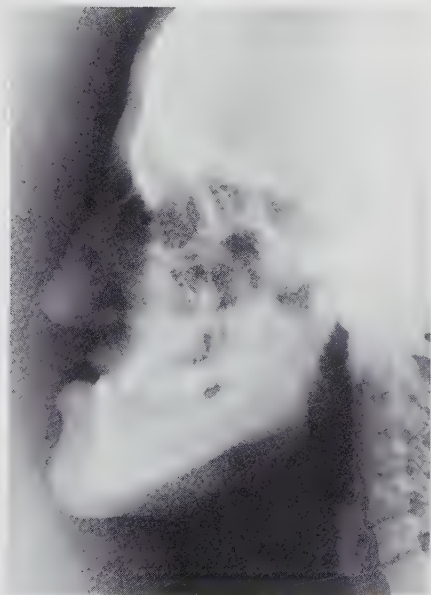
Das Sphenoid und die vorderen Teile des Os occipitale sind verkleinert und der Gelenkstand ist reduziert. Der Bereich des Foramen magnum ist ebenfalls in die Störzone einbezogen und zeigt eine starke Vorwärts-aufwärts-Neigung, die in der Halswirbelsäule durch eine entsprechend pathologische Lordosis kompensiert ist. Bei der microten Dysplasie kommt den Alveolarfortsätzen für die Ausprägung einer Progenie eine besondere Bedeutung zu. Es hängt von der Höhe der Alveolarfortsätze ab, ob sich eine Progenie oder ein offener Biß entwickelt. Sind diese Alveolarfortsätze nämlich niedrig und anpassungsfähig, so kann sich unter Hyperflektion des Unterkiefers eine Progenie entwickeln.

"Sind die Alveolarfortsätze aber hoch und unnachgiebig, wird die Schließbewegung des Unterkiefers durch die wie ein Hypomochlion wirkenden Molaren in deflektierter Stellung aufgehalten und die Frontzähne sperren."
(BIMLER)

In diesem Fall entsteht ein offener Biß.

Zu 3. Zu den bisher besprochenen Formen der Dysplasie kommt eine dritte Wachstumsstörung, die leptoide Dysplasie. Sie ist charakterisiert durch reduzierte Gesichtstiefe und größere Gesichtshöhe. Das Zentrum dieser Wachstumshemmung ist besonders im Unterkiefer lokalisiert. Bei diesen Progeniefällen finden wir häufig einen tiefen umgekehrten Überbiß im Frontzahnbereich und niedrige Alveolarfortsätze im Backenzahnbereich. Bei der leptoiden Dysplasie handelt es sich also um ein reduziertes

sagittales und betont vertikales Wachstum. Bei leptoid dysplastischen Progenien ist es aber auch möglich, daß sich beim Wechselgebiß im Frontzahnbereich der Biß langsam zu heben beginnt und zu einem unbeeinflußbaren offenen Biß weiterentwickelt.



Fernröntgenseitenbild
einer Progenie



Profilbild
einer Progenie

VII. METHODEN DER STIMMREGISTRIERUNG

1.) Frequenzanalyse

Durch die Entwicklung der Frequenzanalyse hat man die Möglichkeit gefunden, Klanganalysen mit großer Genauigkeit automatisch und in einem kurzen Zeitraum zu liefern. Dadurch kann man zahlreiche Befunde,

die sonst nur anhand einer subjektiven auditiven Kontrolle erhoben werden konnten, mit Hilfe elektroakustischer Analysen objektivieren. Dies bedeutet aber keineswegs, daß die Frequenzanalyse das geschulte Ohr des Untersuchers gänzlich ersetzen könnte.

2.) Apparaturen der Frequenzanalyse

a) Das Tonfrequenzspektrometer

Dieses Gerät dient zur oszillographischen Sichtbarmachung von Schwingungsvorgängen. Dazu bedient man sich einer Elektronenstrahlröhre, auf deren fluoreszierendem Schirm ein optisches Bild gleichzeitig mit dem Originalton entsteht. Dieser wird den Eingängen eines Filtersatzes zugeleitet. Die Partialtonfrequenzen erscheinen auf der Abszisse, die Amplitudengrößen auf der Ordinate eines Koordinatensystems. Je nach Typ des Gerätes findet die Analyse in einem Frequenzbereich von einer viertel- oder drittel Oktave statt. Für spezielle Abstufungen sind die Filter noch recht breitbandig und überlappen sich, so daß dieselbe Frequenz in zwei Bereichen erscheinen kann. Die Auswertung einer gefilterten fortlaufenden Klanganalyse wird dadurch umständlich und nicht ganz fehlerlos.

b) Suchtonanalysator

Der Suchtonanalysator erzeugt elektroakustisch einen "Suchton", der den zu analysierenden Klang in einem Frequenzbereich von 0 bis 16000 Hz abtastet. Trifft dieser Suchton den Bereich eines "harmonischen" Tones, so schlägt ein Galvanometer aus. Der betreffende Teilton kann dadurch dargestellt werden, da der Ausschlag

des Galvanometers proportional zur Intensität desselben ist. Dieses Verfahren hat allerdings den Nachteil, daß die Bandpässe sehr schmal sein müssen und dadurch viele Filter mit geringer Durchlaßbreite benötigt werden. Die gesamte Apparatur ist dadurch sehr aufwendig. Außerdem müssen Filterüberlappungen in Kauf genommen werden, weil die Filter unterschiedliche Flankensteilheit haben und deshalb nicht linear arbeiten.

c) Der Sonagraph

Bei diesem Gerät können Schwingungen durch Bandpässe und Gleichrichter in Gleichströme umgewandelt werden, deren zeitlicher Verlauf die Amplitudenänderungen der Schwingungen in einzelnen Filterbereichen wiedergibt. Auf diese Weise können charakteristische akustische Eigenschaften der Sprache graphisch aufgezeichnet werden und man erhält dadurch das Bild des Frequenzaufbaus einer Stimme. Da die Sonographie zur Zeit die genaueste elektroakustische (nicht mathetische) Analyse ist, wurde dieses Verfahren für unsere Stimmenvergleiche gewählt. Eine ausführlichere Beschreibung des Sonagraphen erfolgt im nächsten Abschnitt.

VIII. ARBEITSMATERIAL FÜR DEN VERSUCH

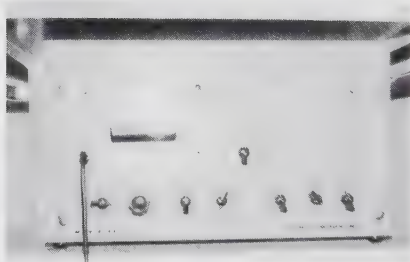
1.) Der Sonagraph als Registrierverfahren

Durch den Sonagraphen werden zusammengesetzte Schwingungen als Funktion von Frequenz und Zeit analysiert. Die daraus resultierende Aufzeichnung (Sonagramm) ist eine dreidimensionale Darstellung, bei der in der Vertikalen die Frequenz, in der

Horizontalen die Zeit und die Amplitude im Grad der Schwärzung abgebildet werden.

Ein Aufnahmekopf speichert die akustischen Signale auf den Mantel einer rotierenden Magnet-Tonscheibe. Die zu analysierende Stimme wird innerhalb von 2,4 Sekunden aufgenommen. Bei dieser Aufnahmedauer werden die Frequenzbereiche von 85 bis 8000 Hz abgetastet. Ein während der Aufnahme eingestellter Löschkopf verhindert eine ungewollte Überspielung, da nur ein Schallvorgang auf der Magnetscheibe gespeichert werden kann. Die Aufzeichnung erfolgt mittels eines Suchtonanalysators, das heißt dem periodischen Abtasten der aufgenommenen Signale durch einen Hörkopf. Die Bandbreite des elektrischen Filters des Suchtonanalysators beträgt hierbei 45 Hz (narrow) oder 300 Hz (wide). Die Aufzeichnung selbst erfolgt mit 3,33-facher erhöhter Geschwindigkeit gegenüber der Aufnahme- geschwindigkeit. Die jeweils durch den analysierenden Filter hindurchgegangene "Leistung" wird dann auf ein Registrierpapier gezeichnet, das auf einer sich synchron mit der Magnet-Tonscheibe drehenden Trommel befestigt ist. Dieses Registrierpapier ist geschwärzt, mit einer weißen Wachsschicht überzogen und für elektrische Spannungen empfindlich. Mit einem Schreibstichel als Elektrode wird die Energie, die den Suchfilter passiert, dem Papier zugeleitet. Der Strom, der am Ausgang des Suchton- analysators auftritt und der jeweiligen Spektralintensität proportional ist, brennt den hellen Überzug weg, so daß die dunkle Unterlage umso deutlicher hervortritt, je größer die spektrale Intensität ist.

Die Schreibe­elektrode ist an einer Spindel befestigt, auf der sie sich während der Aufzeichnung von unten nach oben, das heißt von 85 bis 8000 Hz bewegt.





2.) Testpersonen

Alle Testpersonen sind deutschsprachig. Insgesamt wurden 45 Personen getestet. Bei allen war der Stimmwechsel vollzogen.

Neutralbiß

Im ganzen wurden 25 Personen mit Neutralbiß getestet, hiervon 16 Männer und 9 Frauen.

Progenien

Im ganzen wurden 20 Personen mit einer Progenie getestet, hiervon 15 Männer und 5 Frauen.

Hinweis

Die Zahl der Testpersonen mit einem Neutralbiß hätte natürlich jederzeit wesentlich erhöht werden können. Da aber trotz intensiver Bemühungen nicht mehr als 25 Testpersonen mit einer Progenie für die Untersuchung gewonnen werden konnten, beschränkten wir uns aus Gründen der Relation auf 25 Testpersonen mit einem Neutralbiß.

IX. METHODIK

1.) Versuchsanordnung und Durchführung

Für den Versuch stand ein Sonagraph zur Verfügung, wie er im vorhergehenden Kapitel beschrieben wurde. Die zu analysierenden Lautsignale wurden über ein Mikrophon weitergeleitet. Die Testaufgaben bestanden in:

a) Singen des Tones f mit dem Vokal "A".

Die Tonhöhe war bei den männlichen Testpersonen $175 \text{ Hz} = f'$ und bei den weiblichen Testpersonen $349 \text{ Hz} = f'$

Dieser Ton muß 2,4 Sekunden lang gehalten werden.

b) Sprechen der Vokale "U", "O", "A", "E", "I".

Diese Reihenfolge wurde absichtlich so gewählt, um die Zunahme der Obertöne beim Übergang von dunklen in helle Vokale aufzuzeichnen.

Die Testpersonen hatten darauf zu achten, daß die Pausen zwischen den Vokalen gleich lang waren, ihr Sprechrhythmus gleichmäßig war und eine mittlere Lautstärke eingehalten wurde. Alle fünf Vokale mußten in der Zeit von 2,4 Sekunden (= Länge des Registrierpapiers) gesprochen sein.

Die Aufzeichnung beider Testarten erfolgte erst nach mehrmaligem Einüben der Stimme.

2.) Aufnahmetechnik

Bei den sonagraphischen Aufnahmen wurde ein kaum gewählt, der möglichst wenig störende Nebengeräusche aufwies. Die gesprochene oder gesungene

Testaufgabe wurde jeweils über das Mikrophon direkt auf die Magnetscheibe des Sonagraphen übertragen und unmittelbar nach der Aufnahme analysiert. Dies erfolgte jeweils in den Bandfilterbreiten von 45 bis 8000 Hz. Zusätzlich wurden die unteren und oberen Frequenzbereiche auf doppelte Breite gedehnt, also von 85 bis 4000 Hz und von 4000 bis 8000 Hz. Die Einstellung des Intensitätsniveaus schwankte je nach Lautstärke zwischen 8 und 10 (Mark Level).

X. AUSWERTUNG DER SONAGRAMME

A Vergleich der Singstimmen

- a) Bei der Auswertung des Gesamtbildes der sonographischen Aufzeichnungen beider Gruppen von Testpersonen ergaben sich folgende Einzelheiten:

	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Klar gezeichnete Linien	12	48	7	35
Linien ohne scharfe Begrenzung	11	44	10	50
unterbrochene Linien	11	44	9	45
flächenförmige Aufhellungen	17	68	12	60

b)	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Schwärzung				
starke Schwärzung	12	48	5	25
schwache Schwärzung	13	52	15	75
gesamt	25	100	20	100

- c) Der Grundton ist bei allen 45 Sonagrammen ein mehr oder weniger intensiv geschwärzter Linienblock. Er ist immer in der ersten Bandfilterbreite enthalten.

α	Testpersonen mit Neutralbiß			Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Bandfilterbreite (Grundton)	Anzahl	% der Gesamtzahl
Bandfilterbreite (Grundton)					
85 - 1000 Hz	2	8	85 - 1200 Hz	7	35
85 - 1200 Hz	14	56	85 - 1500 Hz	7	35
85 - 1500 Hz	9	36	85 - 1800 Hz	6	30
gesamt	25	100	gesamt	20	100

β	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Schwärzung				
stark	9	36	8	40
schwach	16	64	12	60
gesamt	25	100	20	100

γ Bereich des Grundtones	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
kompakt	11	44	5	25
aufgelockert	14	56	15	75
gesamt	25	100	20	100

- d) Der erste Formantbereich des gesungenen Vokals "A" liegt immer zwischen 800 bis 1200 Hz, auch wenn die Tonhöhe des gesungenen Vokals unterschiedlich ist. Dieser Formantbereich ist -zusammen mit dem Grundton- immer in der ersten Bandfilterbreite enthalten. Einige der Sonagramme haben auch noch einen zweiten Formantbereich.

α Zahl der Formantbereiche	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl der Testpersonen	% der Gesamtzahl	Anzahl der Testpersonen	% der Gesamtzahl
ein Formantbereich	4	16	8	40
zwei Formantbereiche	21	84	12	60
gesamt	25	100	20	100

Da der erste Formantbereich und der Grundton innerhalb des ersten Bandfilters sehr nahe beieinander liegen und

deshalb der Untersuchung nicht zugänglich sind, beschränken wir uns hier auf die Begutachtung des zweiten Formantbereiches.

β	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Schwärzung				
intensiv und deutlich	6	28,57	5	41,67
schwach ausgeprägt	15	71,43	7	58,33
gesamt	21	100,00	12	100,00

γ	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie		
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Bandfilterbreite (2. Formantbereich)	Anzahl	% der Gesamtzahl
Bandfilterbreite (2. Formantbereich)					
zwischen			zwischen		
2800 - 3800 Hz	8	38,1	3000 - 4000 Hz	8	66,67
3000 - 4000 Hz	13	61,9	3000 - 5000 Hz	4	33,33
gesamt	21	100,0	gesamt	12	100,00

e)	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Obertöne bis				
8000 Hz	13	52	6	30
7000 Hz	5	20	2	10
6000 Hz	2	8	5	25
5000 Hz	2	8	4	20
4000 Hz	3	12	2	10
3000 Hz	-	-	1	5
gesamt	25	100	20	100

B Vergleich der Sprechstimmen

Die Aufzeichnung der Sprechstimme umfaßt das Bild der fünf Vokale "U", "O", "A", "E" und "I". Diese Vokale müssen aus Gründen der Genauigkeit einzeln in bewährter Weise untersucht werden. Eine Ausnahme bildet nur die Auswertung des Gesamtbildes, das an allen Vokalen abgelesen werden kann.

a)	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Einzelheiten des Gesamtbildes				
klar gezeichnete Linien	13	52	3	15
Linien ohne scharfe Begrenzung	18	72	12	60
unterbrochene Linien	11	44	10	50
flächenförmige Aufhellungen	14	56	11	55

VOKAL "U"

b)	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Schwärzung				
stark	13	52	7	35
geringer	12	48	13	65
gesamt	25	100	20	100

c)	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie		
Bandfilterbreite (Grundton)	Anzahl	% der Ge- samtzahl	Bandfilterbreite (Grundton)	Anzahl	% der Ge- samtzahl
85 - 500 Hz	4	16	85 - 500 Hz	2	10
85 - 800 Hz	11	44	85 - 800 Hz	6	30
85 - 1000 Hz	10	40	85 - 1000 Hz	12	60
gesamt	25	100	gesamt	20	100

	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Schwärzung				
stark	17	68	10	50
geringer	8	32	10	50
gesamt	25	100	20	100

Bereich des Grundtones	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
kompakt	13	52	12	60
aufgelockert	12	48	8	40
gesamt	25	100	20	100

d)

Zahl der Formantbereiche ein Formantbereich	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl der Testpersonen	% der Gesamtzahl	Anzahl der Testpersonen	% der Gesamtzahl
ein Formantbereich	21	84	13	65
zwei Formantbereiche	4	16	7	35
gesamt	25	100	20	100

Schwärzung	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
intensiv	-	-	-	-
schwach	4	100	7	100
gesamt	4	100	7	100

Bandfilterbreite (2. Formantbereich)	Testpersonen mit Neutralbiß		Bandfilterbreite (2. Formantbereich)	Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl		Anzahl	% der Gesamtzahl
zwischen 2500 - 3500 Hz	2	50	zwischen 3000 - 4000 Hz	4	57,14
um 3500 Hz	2	50	um 3500 Hz	3	42,86
gesamt	4	100	gesamt	7	100,00

e)

Obertöne bis	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
8000 Hz	13	52	4	20
7000 Hz	4	16	3	15
6000 Hz	-	-	1	5
5000 Hz	1	4	4	20
4000 Hz	4	16	5	25
3000 Hz	-	-	-	-
2000 Hz	-	-	1	5
1000 Hz	3	12	2	10
gesamt	25	100	20	100

VOKAL "O"

b)	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Schwärzung				
stark	7	28	7	35
schwächere	18	72	13	65
gesamt	25	100	20	100

c)	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Bandfilterbreite (Grundton)			Bandfilterbreite (Grundton)	
85 - 500 Hz	7	28	85 - 500 Hz	2
85 - 800 Hz	14	56	85 - 800 Hz	9
85 - 1000 Hz	4	16	85 - 1000 Hz	9
gesamt	25	100	gesamt	20

	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Schwärzung				
stark	15	60	6	30
gering	10	40	14	70
gesamt	25	100	20	100

	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
Bereich des Grundtones	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
kompakt	14	56	11	55
aufgelockert	11	44	9	45
gesamt	25	100	20	100

d)

	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
Zahl der Formantbereiche	Anzahl der Testpersonen	% der Gesamtzahl	Anzahl der Testpersonen	% der Gesamtzahl
ein Formantbereich	13	52	8	40
zwei Formantbereiche	12	48	12	60
gesamt	25	100	20	100

	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
Schwärzung	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
intensiv	2	16,66	-	-
schwach	10	83,34	12	100
gesamt	12	100,00	12	100

Bandfilterbreite (2. Formantbereich)	Testpersonen mit Neutralbiß		Bandfilterbreite (2. Formantbereich)	Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl		Anzahl	% der Gesamtzahl
zwischen 3000 - 4000 Hz	7	58,35	um 3000 Hz	1	8,33
2500 - 3500 Hz	5	41,65	zwischen 3000 - 4000 Hz	11	91,67
gesamt	12	100,00	gesamt	12	100,00

e)

Obertöne bis	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
8000 Hz	14	56	4	20
7000 Hz	1	4	2	10
6000 Hz	1	4	1	5
5000 Hz	3	12	3	15
4000 Hz	3	12	8	40
3000 Hz	-	-	1	5
2000 Hz	-	-	-	-
1000 Hz	3	12	1	5
gesamt	25	100	20	100

VOKAL "A"

b)	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Schwärzung				
stark	10	40	8	40
gering	15	60	12	60
gesamt	25	100	20	100

c)	Testpersonen mit Neutralbiß			Testpersonen mit Progenie	
Bandfilterbreite (Grundton)	Anzahl	% der Ge- samtzahl	Bandfilterbreite (Grundton)	Anzahl	% der Ge- samtzahl
85 - 1300 Hz	12	48	85 - 1000 Hz	1	5
85 - 1500 Hz	7	28	85 - 1200 Hz	8	40
85 - 1800 Hz	6	24	85 - 1500 Hz	11	55
gesamt	25	100	gesamt	20	100

	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Schwärzung				
stark	13	52	9	45
gering	12	48	11	55
gesamt	25	100	20	100

Bereich des Grundtones	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
kompakt	8	32	6	30
aufgelockert	17	68	14	70
gesamt	25	100	20	100

d)

Zahl der Formantbereiche	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl der Testpersonen	% der Gesamtzahl	Anzahl der Testpersonen	% der Gesamtzahl
ein Formantbereich	5	20	9	45
zwei Formantbereiche	20	80	11	55
gesamt	25	100	20	100

Schwärzung	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
intensiv	5	25	4	36,36
schwach	15	75	7	63,64
gesamt	20	100	11	100,00

Bandfilterbreite (2. Formantbereich)	Testpersonen mit Neutralbiß		Bandfilterbreite (2. Formantbereich)	Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl		Anzahl	% der Gesamtzahl
zwischen 2500 - 3500 Hz	11	55	zwischen 3000 - 4000 Hz	9	81,82
3000 - 4000 Hz	9	45	4000 - 5000 Hz	2	18,18
gesamt	20	100	gesamt	11	100,00

e)

	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
Obertöne bis				
8000 Hz	15	60	11	55
7000 Hz	4	16	1	5
6000 Hz	5	20	2	10
5000 Hz	1	4	3	15
4000 Hz	-	-	3	15
3000 Hz	-	-	-	-
2000 Hz	-	-	-	-
1000 Hz	-	-	-	-
gesamt	25	100	20	100

VOKAL "E"

b)

	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Ge- samtzahl	Anzahl	% der Ge- samtzahl
Schwärzung				
stark	10	40	7	35
gering	15	60	13	65
gesamt	25	100	20	100

c)

Bandfilterbreite (Grundton)	Testpersonen mit Neutralbiß		Bandfilterbreite (Grundton)	Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Ge- samtzahl		Anzahl	% der Ge- samtzahl
85 - 500 Hz	23	92	85 - 500 Hz	9	45
85 - 800 Hz	2	8	85 - 800 Hz	11	55
gesamt	25	100	gesamt	20	100

	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Ge- samtzahl	Anzahl	% der Ge- samtzahl
Schwärzung				
stark	13	52	12	60
gering	12	48	8	40
gesamt	25	100	20	100

Bereich des Grundtones	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
kompakt	12	48	11	55
aufgelockert	13	52	9	45
gesamt	25	100	20	100

a)

Zahl der Formantbereiche	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl der Testpersonen	% der Gesamtzahl	Anzahl der Testpersonen	% der Gesamtzahl
ein Formantbereich	3	12	-	-
zwei Formantbereiche	22	88	20	100
gesamt	25	100	20	100

Schwärzung	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
intensiv	13	59,1	13	65
schwach	9	40,9	7	35
gesamt	22	100,0	20	100

Bandfilterbreite (2. Formantbereich)	Testpersonen mit Neutralbiß		Bandfilterbreite (2. Formantbereich)	Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl		Anzahl	% der Gesamtzahl
zwischen 2000 - 3000 Hz	15	68,19	zwischen 2000 - 3000 Hz	8	40
3000 - 4000 Hz	7	31,81	3000 - 4000 Hz	12	60
gesamt	22	100,00	gesamt	20	100

e)

Obertöne bis	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
8000 Hz	20	80	14	70
7000 Hz	2	8	2	10
6000 Hz	2	8	1	5
5000 Hz	1	4	2	10
4000 Hz	-	-	1	5
3000 Hz	-	-	-	-
2000 Hz	-	-	-	-
1000 Hz	-	-	-	-
gesamt	25	100	20	100

VOKAL "I"

b)

	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
Schwärzung	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
stark	9	32	11	55
gering	16	68	9	45
gesamt	25	100	20	100

c)

	Testpersonen mit Neutralbiß			Testpersonen mit Progenie	
Bandfilterbreite (Grundton)	Anzahl	% der Gesamtzahl	Bandfilterbreite (Grundton)	Anzahl	% der Gesamtzahl
85 - 300 Hz	3	12	85 - 400 Hz	2	10
85 - 500 Hz	22	88	85 - 500 Hz	15	75
-	-	-	85 - 800 Hz	3	15
gesamt	25	100	gesamt	20	100

	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
Schwärzung	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
stark	13	52	11	55
gering	12	48	9	45
gesamt	25	100	20	100

Bereich des Grundtones	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
kompakt	10	40	8	40
aufgelockert	15	60	12	60
gesamt	25	100	20	100

d)

Zahl der Formantbereiche	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl der Testpersonen	% der Gesamtzahl	Anzahl der Testpersonen	% der Gesamtzahl
ein Formantbereich	7	28	-	-
zwei Formantbereiche	18	72	20	100
gesamt	25	100	20	100

Schwärzung	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
intensiv	6	33,33	4	20
schwach	12	66,67	16	80
gesamt	18	100,00	20	100

Bandfilterbreite (2. Formantbereich)	Testpersonen mit Neutralbiß		Bandfilterbreite (2. Formantbereich)	Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl		Anzahl	% der Gesamtzahl
zwischen 3000 - 4000 Hz	8	44,44	zwischen 2000 - 3000 Hz	5	25
2000 - 4000 Hz	10	55,56	3000 - 4000 Hz	15	75
gesamt	18	100,00	gesamt	20	100

e)

Obertöne bis	Testpersonen mit Neutralbiß		Testpersonen mit Progenie	
	Anzahl	% der Gesamtzahl	Anzahl	% der Gesamtzahl
8000 Hz	11	44	8	40
7000 Hz	4	16	5	25
6000 Hz	1	4	-	-
5000 Hz	6	24	3	15
4000 Hz	2	8	3	15
3000 Hz	1	4	1	5
2000 Hz	-	-	-	-
1000 Hz	-	-	-	-
gesamt	25	100	20	100

XI. ERGEBNISSE

Bei der echten Progenie ist das physiologische Verhältnis von Oberkiefer zu Unterkiefer durch die Verlängerung des Unterkieferkörpers verändert. Die Vermutung liegt nahe, daß dadurch die am Unterkiefer inserierende Muskulatur via Zungenbein einen Kehlkopfhochstand induziert. Die Folge davon wäre ein verkürztes Ansatzrohr mit entsprechender Rückwirkung auf die Sing- und Sprechstimmlage.

Ob dies der Fall ist und in welchem Ausmaße, soll die nachfolgende Auswertung der Untersuchungsergebnisse klären.

Bei der oberflächlichen Betrachtung unterscheiden sich die sonagraphischen Aufzeichnungen kaum. Es imponieren nur die verschieden scharfen Spektrallinien. Die Untersuchung der Sonagramme nach der Beschaffenheit der aufgezeichneten Linien ergab einen prozentual höheren Anteil der scharf begrenzten Linien bei den Testpersonen mit einem Neutralbiß sowohl bei der Sing-, als auch bei der Sprechstimme. Im Gegensatz dazu haben die Testpersonen mit einer Progenie mehr Aufnahmen mit Linien ohne scharfe Begrenzung. Diese Unschärfe kommt dadurch zustande, daß die Abgrenzung der Linien infolge eines feinen haarförmigen Saumens zur übrigen Umgebung verschwommen ist. Hier handelt es sich um eine Störung in der Stimme, die verschiedene Ursachen haben kann. Eine temporäre Heiserkeit, eine belegte Stimme oder eine permanente Störung kommen hierfür in Frage.

Untersucht man die Sonagramme nach weiteren Einzelheiten, so findet man bei einigen Aufnahmen Unterbrechungen in der Kontinuität der aufgezeichneten Linien und

flächenförmige Bereiche ohne Linien. Wahrscheinlich bilden kurzzeitige Schwingungsunterbrechungen der Stimmlippen die Ursache. Die entsprechenden Stimmen haben in diesem Frequenzbereich sowohl einen Mangel an Intensität, charakterisiert durch die gleichzeitig auftretende geringere lokale Schwärzung als auch einen zeitlich begrenzten Obertonverlust. Diese beiden Störungen in der Stimme beeinträchtigen in gewisser Weise die Klangfülle, was aber durch die höher und tiefer auftretenden Obertöne überdeckt wird und deshalb mit dem menschlichen Gehör kaum wahrgenommen werden kann. Der Anteil der Sonagramme mit derartigen Unregelmäßigkeiten ist bei beiden Testgruppen und Testarten annähernd gleich und umfaßt etwa die Hälfte der jeweiligen Aufzeichnungen.

Die Intensität einer Stimme erscheint in den sonographischen Aufzeichnungen als Schwärzung unterschiedlicher Stärke, und ist deshalb für eine vergleichende Untersuchung vorzüglich geeignet.

Zunächst wurde die durch die Singstimme verursachte Schwärzung verglichen. Dabei zeigte sich, daß die Testpersonen mit Neutralbiß fast doppelt so viele Sonagramme mit einer stärkeren Schwärzung aufweisen. Im Gegensatz dazu sind die Sonagramme der Probanden mit einer Progenie schwächer geschwärzt. Bei der Sprechstimme konnte man keinen auffälligen Unterschied zwischen Neutralbiß und Progenie erkennen. Beiden gemeinsam ist in diesem Falle nur die Tendenz zur schwächeren Schwärzung der sonographischen Aufzeichnungen.

Jeder vom menschlichen Stimmapparat erzeugte Klang setzt sich akustisch gesehen aus Obertönen innerhalb von Formantbereichen und Grundton zusammen. Letzterer

ist in den sonographischen Aufzeichnungen immer innerhalb der ersten Bandfilterbreite zu suchen. In derselben Bandfilterbreite liegt der erste Formantbereich. Sowohl Grundton als auch erster Formantbereich liegen in einem sehr engen Frequenzbereich (von 85 bis maximal 1800 Hz), ja überlappen sich zuweilen. Daher ist eine detaillierte Untersuchung von Grundton und erstem Formanten kaum möglich.

Es fällt jedoch auf, daß der Bereich, in dem Grundton und erster Formantbereich enthalten sind, unterschiedliche Schwärzung aufweist. So findet man zunächst beim Vergleich der Singstimmen keinen Unterschied zwischen Neutralbiß und Progenie. Erst die Untersuchung der Vokale zeigt, daß die Sonagramme der Testpersonen mit einem Neutralbiß bei den Vokalen "O" und "U" stärker geschwärzt sind als die der Träger einer Progenie. Die Vokale "A", "E" und "I" sind bei beiden Testgruppen annähernd gleich stark geschwärzt.

Der Frequenzbereich, in dem der Grundton und der erste Formantbereich enthalten sind, hat zwei verschiedene Arten der Ausprägung. Abgesehen von der bereits beschriebenen Schwärzung findet man Linien, die entweder aufgelockert und dünn sind oder als kompakter und geschlossener Linienblock in Erscheinung treten. Da der Grundton und der erste Formantbereich eine Aussage über das Fundament der Stimme zulassen, kann diese Linienanordnung für eine weitere Untersuchung verwendet werden. Dabei stellt sich heraus, daß beide Testgruppen in ihrer Singstimme dasselbe Verhalten zeigen, nämlich die Tendenz zu einem aufgelockerten Bereich. Die Sonagramme der Probanden mit einem Neutralbiß sind daran prozentual höher beteiligt. Bei den gesprochenen Vokalen "U", "O", "E" und "I" findet man im allgemeinen mehr Sonagramme

mit einem kompakteren Frequenzbereich, in dem Grundton und erster Formantbereich enthalten sind, wobei Progenie und Neutralbiß nur geringfügige zahlenmäßige Differenzen aufweisen. Das Bild des Vokals "A" ist dem der Singstimme sehr ähnlich.

Eine andere Bandfilterbreite, die sich immer in dem Bereich von 2000 - 4000 Hz bewegt, enthält bei einigen Sonagrammen -sowohl bei Progenie als auch bei Neutralbiß- einen zweiten Formantbereich, das heißt einen zusätzlich verstärkten Bereich der Stimme. Der Vergleich der sonographischen Aufzeichnungen beider Testgruppen ergab folgendes:

Die gesungenen Sonagramme der Probanden mit einer Progenie haben nur zur Hälfte einen zweiten Formantbereich. Dagegen finden wir bei den Testpersonen mit Neutralbiß 84% mit einem zweiten Formantbereich. Der Schwärzungsgrad dieses Frequenzbereiches ist in allen Fällen (Progenie und Neutralbiß) eher schwach.

Mit der Sprechstimme verhält es sich etwas anders, obwohl der Vokal "A" ähnliche Ergebnisse wie das gesungene "A" liefert. Die Progenien weisen bei den Vokalen "U" und "O" häufiger einen zweiten Formantbereich auf als die Neutralbisse. Die Bilder der Vokale "E" und "I" verzeichnen bei der überwiegenden Mehrzahl der Testpersonen mit Neutralbiß einen zweiten Formantbereich. Die Progeniestimmen haben hier sogar alle einen zweiten Formantbereich. Die Schwärzung dieses Bereiches ist bei den Vokalen "U", "O", "A" und "I" nicht sehr intensiv. Wir finden nur bei dem Vokal "O" der Neutralbisse einige Sonagramme stärkerer Schwärzung. Der Vokal "E" ist im Gegensatz zu den anderen Vokalen bei Progenie und Neutralbiß etwas stärker geschwärzt.

Aus den sonographischen Aufzeichnungen kann man außer den bereits beschriebenen Einzelheiten noch eine Aussage über die Klangfülle und Tragweite einer Stimme ablesen. Dies gelingt anhand der Linien, die unterhalb und oberhalb der Formantbereiche zu finden sind. Man bezeichnet sie als Obertöne, oder Teiltöne, die zusammen mit dem Grundton einen Klang ergeben.

Untersucht man nun die Obertöne der Singstimme in bewährter Weise, so findet man diese bei den Testpersonen mit Neutralbiß vorwiegend bis zu den Frequenzbereichen 7000 bis 8000 Hz. Bei den Progenien reichen die Obertöne in der Mehrzahl bis 5000 und 7000 Hz. Das Obertonverhalten der Stimmen beider Testgruppen beim Sprechen der Vokale "U" und "O" gleicht dem der Singstimme. Dies bedeutet, daß die Sonagramme der Probanden mit einer Progenie Obertöne bis 4000 und bis 6000 Hz bzw. 3000 und 5000 Hz aufweisen. Die Aufnahmen der Testpersonen mit Neutralbiß verzeichnen im Gegensatz dazu einen Anstieg der Obertöne bis 7000 und 8000 Hz und zwar bei mehr als der Hälfte der Sonagramme. Die Bilder der Vokale "A", "E" und "I" unterscheiden sich wiederum kaum voneinander. Sowohl Progenie als auch Neutralbiß haben hier Obertöne bis 7000 und 8000 Hz.

XII. ZUSAMMENFASSUNG

Die Unterschiede der beiden Testgruppen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- 1.) Die Testpersonen mit Neutralbiß haben bei der Sing- und Sprechstimme eine größere Zahl an Sonagrammen mit klar gezeichneten Linien.
- 2.) Der Schwärzungsgrad der gesungenen Sonagramme ist bei den Testpersonen mit Neutralbiß in der Mehrzahl

der Fälle stärker ausgeprägt. Bei den Progenien sind 75% der Sonagramme schwach geschwärzt.

- 3.) Die sonagraphischen Aufzeichnungen der Probanden mit Neutralbiß zeigen bei den Vokalen "O" und "U" in dem Frequenzbereich, der den Grundton und den ersten Formantbereich enthält, eine Tendenz zu stärkerer Schwärzung.
- 4.) Dieser Bereich erscheint in den gesungenen Sonagrammen beider Testgruppen eher aufgelockert, wobei die Testpersonen mit Neutralbiß einen prozentual höheren Anteil daran haben. Ähnliche Verhältnisse finden wir auch bei dem gesprochenen Vokal "A".
- 5.) Die Singstimme der Probanden mit Neutralbiß hat viel häufiger einen zweiten Formantbereich. Bei den gesprochenen Vokalen haben eher die Progenien einen zweiten Formantbereich. Einen Unterschied in der Schwärzung dieses Formantbereiches findet man nur beim Vokal "O" der Testpersonen mit Neutralbiß. Er ist in diesen Fällen stärker geschwärzt.
- 6.) Die Testpersonen mit Neutralbiß haben bei der Singstimme vermehrt Obertöne bis in höhere Frequenzbereiche (7000 und 8000 Hz). Die Mehrzahl der Progenien nur bis 5000 und 7000 Hz. Bei den gesprochenen Vokalen "U" und "O" finden wir ähnliche Verhältnisse. Die Testpersonen mit Neutralbiß haben hier meistens Obertöne bis 7000 und 8000 Hz, die Progenien hingegen nur bis 4000 und 6000 Hz, bzw. 3000 und 5000 Hz.

XIII. DISKUSSION

Bei der Auswertung der Untersuchungsergebnisse

interessierte die Frage, ob sich das unphysiologische Verhältnis von Oberkiefer zu Unterkiefer bei den Testpersonen mit einer Progenie auf die sonagraphischen Aufzeichnungen auswirken würde. Der Vergleich der Sonagramme beider Testgruppen zeigt deutlich, daß die Sing- und Sprechstimmen der Probanden mit Neutralbiß zum Teil qualitativ bessere Sonagramme liefern. Sie sind stärker geschwärzt, weisen mehr Formantbereiche auf und verzeichnen häufiger Obertöne bis in Frequenzbereiche von 8000 Herz. Die Stimmen dieser Testgruppe sind also kraftvoller, tragfähiger und umfangreicher als die der Probanden mit einer Progenie. Inwieweit sich diese Unterschiede im gesamten Sprachverhalten, das heißt dem Bild der Vokale und Konsonanten auswirken, wäre Gegenstand weiterführender Untersuchungen.

XIV. LITERATURVERZEICHNIS

Stimm- und Sprachheilkunde

- BÖHME, G. "Untersuchungsmethoden der Stimme und Sprache", Johann-Ambrosius-Barth, Leipzig (1972)
- GRÜTZMACHER, M. "Eine neue Methode der Klanganalyse", Elektr.Nachrichtentechnik 4 (1927)
- HELMHOLTZ, H.v. "Die Lehre von den Tonempfindungen", 6. Aufl., Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig (1913)
- HERMANN, L. "Weitere Untersuchungen über das Wesen der Vokale", Pflügers Arch. ges. physiol. (1895)
- HUSSON, R. "La voix chantée", Gauthier-Villars Paris (1960)
- LUCHSINGER, R.
ARNOLD, G.E. "Stimm- und Sprachheilkunde", 2. und 3. Aufl., Springer Wien (1959 und 1970)
- LULLIES, H. in: Gauer, Kramer, Jung "Physiologie des Menschen", Band 12 Urban & Schwarzenberg, München (1972)
- MEYER-EPPLER, W. "Die Sprache als Gegenstand physikalischer Forschung", Physik. Bl. 5 (1949)
- POTTER, R.K.
KOPP, G.A.
GREEN, H.C. "Visible speech", D.van Nostrand & Co New York (1947)
- SCHEMINSKY, F. "Die Welt des Schalls", Das Bergland Buch, Salzburg (1945)
- STARK, D.
PRICK, H. "Repetitorium anatomicum", G.Thieme Stuttgart (1972)
- TRENDELENBURG, F. "Einführung in die Akustik", Springer, Berlin (1950)

Zahnheilkunde

- ASCHER, F. "Praktische Kieferorthopädie"
Urban & Schwarzenberg, München
(1968)
- BENNINGHOFF "Die Architektur der Kiefer
und ihrer Weichteilbedeckung"
zahnärztl.Rdsch. Jahrgang 34/43
- BIMLER, H.P. "Neuere Gesichtspunkte zur
Ätiologie der Progenie", Fort-
schritte der Kieferorthopädie
Bd. 32 (1971) Heft 2
- BIMMER, H.P. "Die Bedeutung des Fernröntgen-
bildes", Fortschr. der Kieferorth.
20 (1960)
- BRINK, H.E. "Kephalemtrische Sippenunter-
suchungen über die Gesichts-
struktur bei Progenie", Thesis,
Heidelberg (1970)
- GIESSWEIN, M. "Über Resonanz der Mundhöhle und
der Nasenräume, im besonderen der
Nebenhöhlen der Nase", Passow-
Schaeffers Beitr. 4 (1911)
- HOTZ, R. "Orthodontie in der täglichen
Praxis" Hans Huber, Bern (1970)
- KANTOROWICZ "Hemmung und Förderung des Wachstums
der Kiefer", zahnärztl. Welt 4, 141
und 51 (1949)
- KORKHAUS, G. "Biomechanische Gebiß- und Kiefer-
orthopädie", Handbuch der Zahn-
heilkunde Bd. IV J.F. Bergmann
München (1939)
- REICHENBACH, E. in Hofer, Reichenbach, v.Kreuden-
stein, Wannemacher: "Lehrbuch der
klin. Zahn- Mund- und Kieferheil-
kunde, Band 2 Johann-Ambrosius-
Barth, Leipzig (1969)
- SCHULZE, Chr. "Zur Vererbung der Progenie"
WIESE, W. Fortschr. der Kieferorth., Bd. 26
H. 2 (1965)
- SCHULZE, Chr. "Anomalien, Mißbildungen und
Krankheiten der Zähne, des Mundes
und der Kiefer" in: Humangenetik,
Stuttgart (1964)

XV. LEBENSLAUF

Name	Karp Jankel
geboren am	29. 3. 1947 in Eschwege
Name der Eltern	Karp Aron und Karp Pola, geb. lichtenberg
Staatsangehörigkeit	deutsch
Schulbildung	1953 - 1957 Volksschule in Landshut 1957 - 1961 Volksschule in München 1961 - 1964 Friseurlehre in München 1965 - 1968 Berufstätigkeit 1969 - 1971 Besuch des München-Kollegs in München
Studiengang	Wintersemester 1971/72 Studium der Chemie an der Universität München (als Fachsemester anerkannt) Sommersemester 1972 bis Sommersemester 1976 Studium der Zahn- medizin an der Ludwig-Maximilians- Universität zu München
Prüfungen	Gesellenprüfung 1964 Reifeprüfung 30. 6. 1971 zahnärztliche Vorprüfung 23.4.1974 zahnärztliche Prüfung 24. 2. 1977

Am Schluß meiner Arbeit sei mir gestattet, Herrn Professor Dr. H.H. Naumann, leiter der Universitäts-HNO-Klinik München, für die freundliche Überlassung des Themas zu danken.

Großen Dank schulde ich Frau Dr. G. Full-Scharrer für ihre Hilfe und Anleitung während der Fertigstellung dieser Arbeit.

Sehr herzlich danke ich Frau S. Hanel für ihre Unterstützung bei der Herstellung der sonagraphischen Aufzeichnungen.

